LUIS MOYA BLANCO

Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón

Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando
Separata de ACADEMIA
Primer semestre de 1981. Número 52

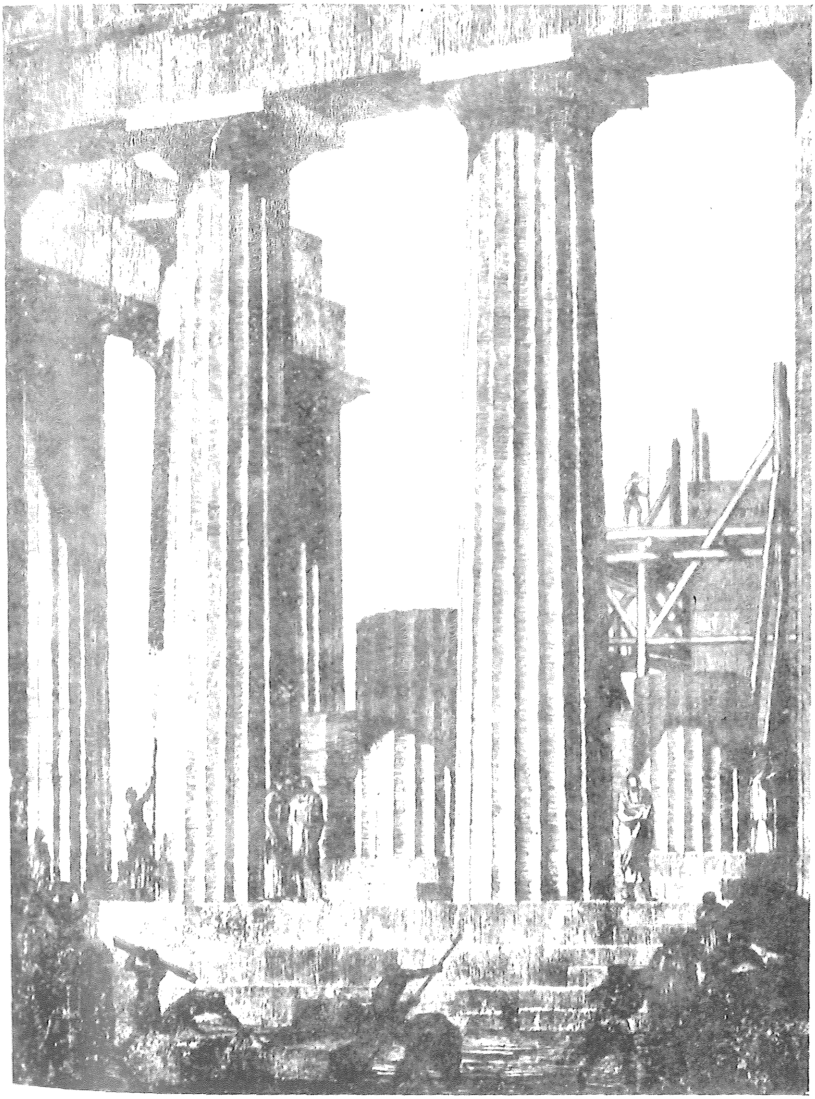
MADRID
1 9 8 1

RELACION DE DIVERSAS HIPOTESIS SOBRE LAS PROPORCIONES DEL PARTENON

POR

LUIS MOYA BLANCO

INDICE



CAPITULO 1

CAUSAS DE LAS NUMEROSAS INVESTIGACIONES

LA arquitectura griega no fue conocida en su realidad hasta fines del siglo XVIII; antes sólo se sabía de ella lo que autores antiguos como Vitruvio, Plinio y Pausanias, y los viajeros modernos, habían transmitido por escritos, así como por algunas vistas pintorescas incluidas en libros de estos últimos. Spon y Wheler vieron casi entero el Partenón en 1676, pues la explosión que lo redujo al estado actual se produjo veinte años después [1]; sin embargo, la imagen que publican es falsa, además de mal dibujada (Fig. 1,1).

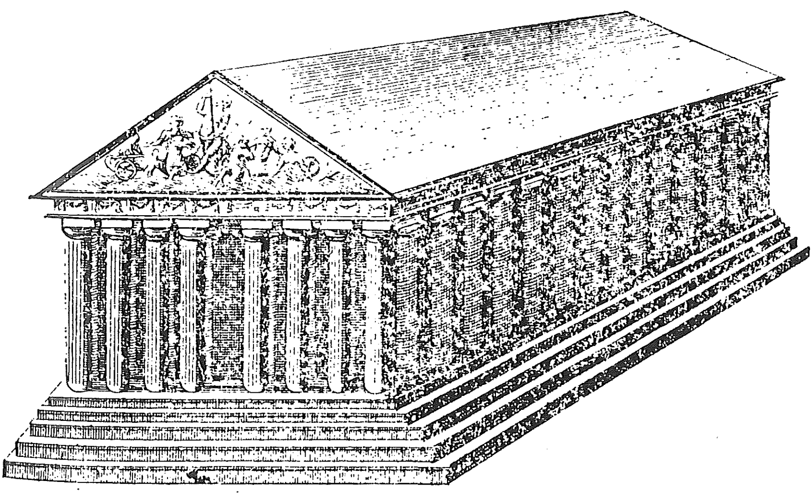


FIG. 1,1. Spon, p. 82.

La verdad sobre esta arquitectura se empezó a conocer en 1762 con la publicación del primer volumen de la magnífica obra de J. Stuart y N. Revett; el segundo apareció en 1790 (aunque fechado en 1787), y en él aparece el Partenón bien dibujado por primera vez, aunque con algunos errores en lo referente a la organización interior del templo. Según se deduce del texto, los errores se deben más a la interpretación de lo escrito por Spon y Wheler que a una verdadera observación de las ruinas; también es de notar que no se dieron cuenta de las curvaturas, falta que se observa en el texto, pero no en los grabados: aunque son grandes, no lo son tanto como para permitir que se apreciasen las curvaturas, si las hubiesen percibido e intentado representarlas (Fig. 1,2).

De la obra inglesa se hizo una no menos magnífica edición francesa [2], aumentada por Hittorff, el mismo que fue después uno de los más importantes arquitectos franceses. Con ambas ediciones se conoció en toda Europa la verdad sobre la arquitectura griega, y esta verdad causó un escándalo general, pues poco en ella cumplía los preceptos vigentes en la arquitectura clásica de la época; el dórico griego, en especial, no cumplía casi ninguno.

En obras tan conocidas y tardías como el *Vignola* de Delagardette, en su versión española de 1792 [3], y las *Leçons d'Architecture* de J. N. L. Durand, edición de 1821 [4], se manifiesta todavía el rechazo de la realidad clásica del siglo V, pues ambos autores corrigen el dórico griego para encajarlo en las normas al uso. El primero dibuja el dórico, al que llama "Orden de Pesto", con el arquitrabe a plomo sobre el borde del sumóscapo de la columna, como en los Ordenes de Vignola; no podía admitir el voladizo del arquitrabe que tienen todos los Ordenes dóricos. Lo mismo hace el segundo, que además no admite la posición del triglifo en el ángulo del friso, y lo traslada al eje de la columna, como en el dórico de Vignola. Durand admitió, en cambio, la columna sin basa, y propuso aplicarla a todos los Ordenes (Fig. 1,3).

Parece que, en general, los teóricos de la época consideraban que un dórico como el de Karl-G. Langhans en la Puerta de Brandenburgo (1789-1793), con sus triglifos sobre los ejes de las columnas extremas, era más

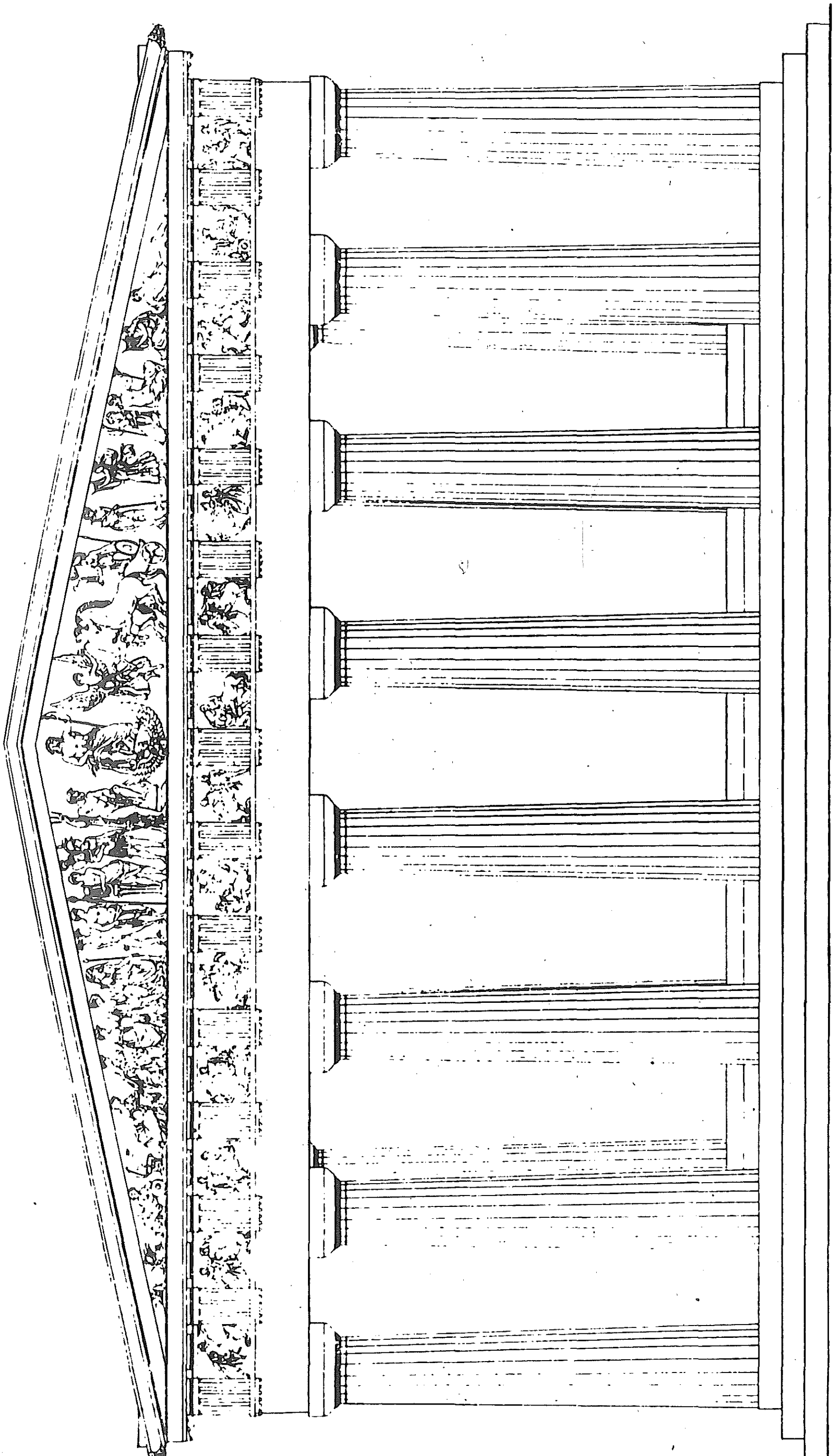


FIG. 1,2. Stuart, Chap. I, Pl. VI.

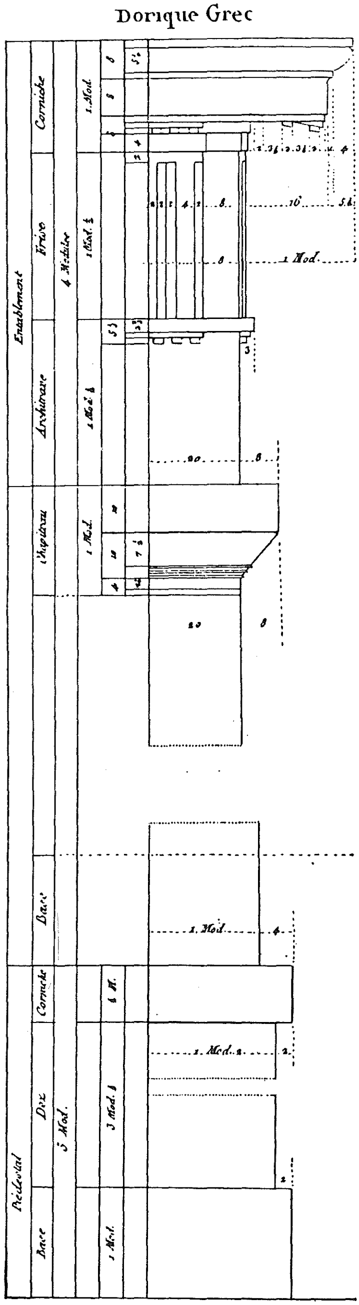


FIG. 1,3. Durand, Pl. 7, Dorique Grec.

correcto que el dórico antiguo; esta actitud cambió en pocos años, pues en el Walhalla de Regensburg (1830-1842), de Leo von Klenze, aparece ya el estilo antiguo en toda su integridad.

Las proporciones del dórico griego, y en particular las del Partenón, fueron otro motivo de asombro, pues no eran las conocidas desde Vitruvio. Además, las relaciones entre las distintas medidas no se podían expresar por razones entre números enteros bajos. Ambas divergencias respecto de lo generalmente admitido obligaron a examinar de nuevo la obra de Vitruvio sin los prejuicios renacentistas del módulo único para cada edificio y de la independencia entre proporciones y medidas, afirmaciones ambas que no hace Vitruvio, sino los tratadistas del siglo XVI.

La cuestión del origen musical de las proporciones arquitectónicas estaba resuelta, aparentemente, para los renacentistas; se fundaban en Vitruvio, a pesar de que éste, como escribe Charles Chipiez [5], "no establece el más mínimo paralelo entre las proporciones musicales y las proporciones arquitectónicas, y sin embargo dedica dos capítulos de su Libro V a definir la "música harmónica", y a exponer que el arquitecto debe de estudiar sus principios, si quiere satisfacer las condiciones acústicas que exige la buena construcción de un teatro". Se puede deducir que Vitruvio consideraba la música como fundamento de la acústica, pero no de las proporciones de la arquitectura. Quien estableció claramente esta relación entre música y arquitectura fue León Bautista Alberti [6], en el Libro IX, Capítulo V, de su *De re aedificatoria* (Florencia, 1485): "Yo affirmo una vez y otra aquello que dixo' Pithagoras: Ciertisima cosa es que la natura en todas las cosas es muy semejante de si misma. El negocio passa assi: estos numeros por los quales viene que aquella compostura de vozes se haga muy agradable a los oydos, aquellos mismos numeros hazen que los ojos y el animo se hinchan de maravilloso deleyte, sacarse ha pues toda la razón de la finicion de los musicos, los quales tienen muy bien conocidos estos tales numeros, y tambien de aquellos a los quales la natura les da de si alguna cosa digna y vistosa, pero no passare mas adelante de lo que haga al proposito del architecto".

De acuerdo con esta idea de Alberti, pero sin hacer caso, en general, de las juiciosas palabras con que termina el párrafo, se buscaron en el Partenón las proporciones que no podían hallarse con el sistema de Vitruvio. No se llegó a encontrar todo lo que se esperaba, aunque se obtuvieron algunos resultados, sorprendentes según Chipiez, quien citando a Henszlmann [7] escribe: "Se ha descubierto en las tres dimensiones principales del Partenón el gran acorde compuesto del unísono (altura), de la doble tercera (anchura) y de la doble quinta (longitud)".

Otro modo de explicar estas proporciones ha consistido en fundarlas sobre la apariencia real de las mismas, tal como las deforma la visión. Las fachadas son, en esencia, planos verticales; se ven proyectadas sobre una superficie esférica cuyo centro está entre los ojos del espectador, y por esto se hace imposible percibir las verdaderas medidas y proporciones. Los investigadores que han seguido este método han supuesto que las proporciones sencillas, sean las de Vitruvio o las de Pitágoras, se encuentran en esa superficie esférica, y que en ella se hizo el verdadero trazado del templo; al proyectar este trazado, desde el centro de la esfera, sobre un plano vertical, las proporciones dejan de ser expresadas mediante relaciones entre números enteros bajos, y se convierten en las complicadas relaciones que se pueden observar actualmente en el Partenón. La dificultad del sistema consiste en que obliga a determinar algunos puntos de vista privilegiados, como se ha hecho notar en un trabajo anterior publicado en este *Boletín* [8]. Fuera de ellos no se pueden percibir las proporciones sencillas que se suponen están en la idea del edificio; no obstante, es verosímil que se emplease este sistema, pues lo apoyan dos indicios: la existencia real de elementos arquitectónicos, tales como propileos, que determinan esos puntos de vista privilegiados, y una frase del "Filebo" referente a los instrumentos de trabajo de los arquitectos, de la que se tratará más adelante.

También se han estudiado las proporciones mediante la aplicación de figuras geométricas sobre la planta y los alzados, renunciando a buscar las relaciones entre números enteros bajos. Este método es el más corriente entre los investigadores de la arquitectura griega, tanto en el siglo pasado como en el actual; tiene antecedentes ilustres en los tratadistas antiguos, desde los trazados de teatros que propone Vitruvio y el de la Catedral de

Milán de Cesare Cesariano [9], hasta muchos de los que emplean los autores manieristas y barrocos; todos éstos se refieren a arquitecturas diferentes de la griega clásica, pero han servido de modelo para los estudiosos de esta última.

Los resultados obtenido con este sistema son poco convincentes en algunos casos, pues las figuras geométricas se aplican sobre planos inexactos o hechos a escalas pequeñas; además, las figuras suelen ser complicadas, tales como estrellas de diez puntas, y con ellas es fácil que algunas rectas o cruces de ellas coincidan con puntos importantes del plano sobre el que se aplican. Por otra parte, los puntos así obtenidos suelen ser de diferente significación: por ejemplo, una misma recta de la figura geométrica pasa por el centro de la base de una columna, por la esquina superior del ábaco de otra, y por el vértice del frontón. Puntos tan heterogéneos no pueden formar parte del trazado coherente de un proyecto; a lo más, pueden haber servido para corregirlo o ajustarlo, pero cabe la probabilidad de que se deban a circunstancias casuales, o a un método más serio de trazado, que este sistema no ha podido descubrir.

Queda por mencionar la investigación dirigida a comprender cómo pudo ser replanteado el edificio y por cuáles medios el proyecto se despiezó para ser construido con bloques de piedra o de mármol de medidas sencillas; esto conduce a determinar la unidad de medida empleada, o sea la dimensión del pie propio del edificio, que no es la misma en muchos casos que la dada habitualmente por los historiadores. Auguste Choisy [10] encontró la solución a este problema del trazado con medidas sencillas en el caso del Arsenal del Pireo, gracias a la inscripción donde consta el contrato para su construcción. Por desgracia, esta solución no es válida para el Partenón, si se tienen en cuenta sus verdaderas dimensiones. C. J. Moe [11] ha conseguido enlazar la arquitectura griega clásica con el sistema de Vitruvio, estudiando éste en su totalidad; no sólo los trazados modulares básicos, con los que se contentaron los tratadistas del Renacimiento, sino también las correcciones ópticas y las que relacionan la modulación abstracta con la realidad de las medidas del edificio. Todo esto se encuentra cuantificado en Vitruvio, aunque es difícil integrarlo en un sistema numérico coherente; esta dificultad la ha salvado Moe con cálculos muy precisos. Aplicados al templo llamado de Teseo, en realidad de Hephaistos, los resultados son concluyentes. Por desgracia, no hizo el estudio del Partenón; quizá por la muerte prematura del autor, o más bien porque este templo no puede probablemente ser reducido a las normas de Vitruvio en su conjunto, sino solamente en algunas de las partes que estudió Moe, y antes que él otros autores. La exactitud buscada por estos procedimientos se ha intentado encontrar también por los seguidores del método fundado en la *sectio aurea*, y en especial por Jay Hambidge; la crítica de este método, aplicado a las proporciones del cuerpo humano, ya se ha hecho en el trabajo que se cita, publicado en este *Boletín* [12]; con la misma razón puede hacerse para su estudio del Partenón [13]. Además, en este caso ha de añadirse que Hambidge emplea en general números irracionales que no pueden conducir a números enteros bajos, que son los que se buscan para explicar como pudo ser construido el templo.

Tales son, en resumen, los principales caminos que han seguido las investigaciones sobre el Partenón. Pasada la primera reacción negativa de que se ha hecho mención, el romanticismo lo exaltó como emblema mágico de la cultura griega y suscitó emociones todavía vivas en nuestro siglo; puede recordarse el caso de Isadora Duncan. Descubrir el mecanismo matemático que producía estas emociones fue la empresa utópica a que se dedicaron tantos autores, excitados por la dificultad de encontrar un sistema racional de proporciones capaz, por sí sólo, de mover la capacidad sentimental de la mente; es dudoso que la exaltación de los románticos fuese el resultado de un simple trazado geométrico, que además no se manifiesta fácilmente en el Partenón. Un fondo de creencias en la magia de los números está presente en las investigaciones, que, por otra parte, no son inútiles en el momento actual de la arquitectura.

Todos estos sistemas de proporción, aplicados a la arquitectura, y al Partenón en especial, serán objeto del estudio que se expone en los capítulos siguientes.

CAPITULO 2

LAS PROPORCIONES DE LA MUSICA Y DE LA ARQUITECTURA

Las palabras de Leon Bautista Alberti citadas en el capítulo anterior explican el motivo de la creencia en un sistema de proporciones único para la música y la arquitectura. No hay datos que permitan afirmar que esta creencia existiese antes de la secta pitagórica, ni en la Grecia clásica ni en otras culturas anteriores; sin embargo, en todas las arquitecturas de estos pueblos antiguos se han podido descubrir relaciones sencillas de medidas, proporciones fácilmente inteligibles, y formas regulares. Parece que estas características de la arquitectura han complacido universalmente a las gentes; se encuentran en los edificios de Egipto, Oriente Próximo, India, China, Japón y América antigua. El motivo puede ser mágico: las figuras regulares son exorcismos contra el desorden de la naturaleza y los avatares de la vida, y como tales los emplean los magos y chamanes de todos los tiempos. Estas figuras son principalmente el círculo, el cuadrado, la estrella de cinco puntas, la espiral y el "mandala", composición este último de cuadrados y círculos. Cada una tiene su significado, y algunas de ellas quieren ser imágenes de la armonía cósmica, una vez que se descubrió la regularidad del movimiento de los astros; su regularidad se ordena sólo según el tiempo, ya que no existe en el aspecto del cielo estrellado.

La regularidad de los movimientos celestes establece un vínculo entre lo visible y lo temporal que se puede extender hasta la música, arte del tiempo. La frase de Pitágoras citada por L. B. Alberti expresa una teoría indemostrable, pero los hechos musicales y arquitectónicos pueden apoyarla, pues se dan muchas coincidencias entre las proporciones de los edificios de varias épocas y las que se encuentran en la gama pitagórica; es importante la frase de Henszlmann antes citada, referente al Partenón, aunque no es muy precisa porque la altura, anchura y longitud dependen de los puntos donde el investigador ha efectuado la medición; no es igual la anchura medida en la grada superior del estilobato que la anchura del cuerpo de columnas en su base, aunque la diferencia es de pocos centímetros, y más diferente si se mide en la mitad de la altura de este cuerpo; también hay varios modos de medir la altura, según se cuente, o no, con las gradas de base, y según se considere o no se tenga en cuenta la curvatura de toda la fachada.

De todos modos, es cierto que en muchos edificios antiguos se encuentran proporciones que en música serían la cuarta = 4/3, la quinta = 3 2, la octava = 2/1, correspondientes a los intervalos de *diatessaron, diapente* y *diapasón*, según la terminología de Vitruvio que expone Cesariano [14]. También se encuentran las restantes proporciones, que en gran número ofrecen los intervalos de los tres géneros musicales mencionados por el mismo autor como *modulationum:* diatónico, cromático y armónico. Son tantas en conjunto, que sería raro no apareciesen algunas de ellas en cualquier edificio donde, con sentido práctico, se hubiese empleado un sistema modular sencillo para relacionar las medidas de cada elemento con los demás y con el conjunto.

Tan gran número de intervalos no resulta desordenado ni confuso, tal como lo expone Vitruvio: "Los sonidos son 18 en cada uno de los tres géneros: 8 son invariables y fijos; los otros 10, cuando se les asocia en la melodía, son *vagantes*. Los fijos intercalados entre los móviles mantienen la organización del tetracordio; aparte de las diferencias entre los géneros, permanecen invariables en sus lugares" [15 y 16]. Se observa en estas palabras una preocupación por ordenar la música según normas que pueden llamarse arquitectónicas: "10 sonidos, al desplazarse según los géneros, producen una triple variedad de melodías", contando con los 8 fijos; los tetracordios son 5, ordenados del más grave al más agudo.

En resumen: 3 géneros, 5 tetracordios, 8 sonidos fijos y 10 móviles; además, según Vitruvio, "los acordes que la naturaleza del hombre le permite cantar son 6: la cuarta (diatessaron), la quinta (diapente), la octava (diapasón), diapasón-con-diatessaron, diapasón-con-diapente, disdiapason".

Esta teoría musical se debe a Aristóxenes, según Vitruvio; sea cualquiera su relación con la de Pitágoras, es indudable que tiene gran importancia por su incidencia sobre las proporciones de la arquitectura clásica, pero no sobre las del Partenón, que fue construido antes. Si alguna influencia tuvo la música en el trazado de este templo habrá que buscarla en la pitagórica.

CAPITULO 3

EL SISTEMA DE PITAGORAS

La teoría de la música pitagórica se supone conocida aunque no se conserven sus obras escritas, si es que llegó a escribirlas; lo que se sabe de esta teoría se debe a los discípulos y sucesores. Existe la dificultad del secreto de la secta pitagórica, roto muy pronto, según se cree, pero no se sabe cuando; la dificultad está en saber si los autores del Partenón (construido entre 447 y 438 a. J. C.) pudieron beneficiarse de este conocimiento, ya que Pitágoras murió hacia el año 495 según parece, en Metaponto, y por tanto, si las fechas anteriores son ciertas, cuarenta y ocho años antes del principio de las obras del templo. Hubo tiempo suficiente para que las enseñanzas del maestro llegasen a Atenas, aunque hay dudas sobre si llegaron con fidelidad. Pudo ser Filolao el discípulo que las transmitiese, porque los muchos discípulos de las siguientes generaciones, como son Aristóxenes, Simmias de Tebas, Arquitas de Tarento y su amigo Platón, eran posteriores al proyecto del edificio.

En cuanto al filósofo y matemático que pudo servir de intermediario entre la teoría numérica musical y el trazado del Partenón, opinaba Zubiri que debió ser Anaxágoras, maestro de Pericles.

Puesto que para el estudio de las proporciones arquitectónicas interesa, más que la música en sí, el conocimiento de sus formulaciones numéricas, es preciso atenerse a los datos transmitidos por los pitagóricos matemáticos más que por los músicos pitagóricos; entre éstos, Aristóxenes es importante incluso para completar lo que aportan aquellos, si bien es posterior a la época que interesa aquí. El magnífico estudio de Adolfo Salazar sobre la acústica de la música griega es la guía necesaria para penetrar en este complicado mundo de las relaciones entre matemáticas y música durante el medio siglo, la primera mitad del siglo V aproximadamente, que transcurre entre el fin de la vida de Pitágoras y el principio de la construcción del Partenón [17]. Según este autor, Pitágoras había creado la teoría "de los números armónicos que rigen la música de las esferas" poco después de mediado el siglo VI; se le atribuyen las experiencias con cuerdas de diferentes longitudes y con martillos de diferentes pesos. "La atribución, dice, puede ser fabulosa y es, desde luego, inexacta, pero tuvo que deberse a la necesidad del hombre, en la época de la cultura griega ya formalizada, para explicar de alguna manera el fenómeno de la consonancia, reconocido plenariamente por su sentimiento de la armonía natural". Más adelante afirma que el grado de *biensonancia* está en razón directa de la simplicidad de dichas relaciones matemáticas; "entre los griegos, los intervalos recibidos como *sýmphoona* o consonantes eran la cuarta, quinta y octava, así como los que resultan de transportar a la octava superior el segundo de los sonidos, la undécima, la duodécima y la doble octava, por lo tanto". Se observa lo semejante entre este concepto y el de Vitruvio antes expuesto sobre "los acordes que la naturaleza del hombre le permite cantar"; la coincidencia se debe a que ambos, Salazar y Vitruvio, explican la teoría de Aristóxenes, y es justo señalar que con ella se pone de manifiesto la seriedad con que el arquitecto romano trataba los temas, por alejados que estuviesen de su profesión.

El estudio de Salazar tiende a descubrir la *gama* fundamental de Pitágoras entre la maraña de sus numerosos exégetas y continuadores. La explicación más sencilla y segura es que esta *gama* está engendrada por "quintas justas", en expresión de Juan Domínguez Berrueta [18]. El cuadro clásico que resulta es el que se expone a continuación, expresando las notas en número relativo de vibraciones al modo actual, en vez de al modo de

Pitágoras, que las expresaría en longitudes de cuerda, o sea con valores inversos de los que figuran en el cuadro:

$$fa_1 = \frac{2}{3}, \quad do_2 = 1, \quad sol_2 = \frac{3}{2}, \quad re_3 = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4},$$

$$la_3 = \left(\frac{3}{2}\right)^3 = \frac{27}{8}, \quad mi_4 = \left(\frac{3}{2}\right)^4 = \frac{81}{16}, \quad si_5 = \left(\frac{3}{2}\right)^5 = \frac{243}{32}.$$

El do_2 se toma como unidad para el número de vibraciones. Si se quiere conocer las longitudes de cuerdas correspondientes, basta invertir los quebrados; la unidad sigue siendo el do_2, o sea la cuerda que determina esta nota. Se observa que el número de vibraciones de cada nota se obtiene multiplicando por 3/2 las de la nota anterior; si se trata de longitudes de cuerda, se multiplica por el quebrado inverso, 2/3.

Algunas de estas relaciones aparecen aproximadamente en el Partenón: la relación de anchos entre triglifo y metopa se acerca a 2/3, y el rectángulo del estilobato difiere muy poco de la proporción 9/4; en el entablamento, el arquitrabe y el friso tienen la misma altura, 1,35 metros, de modo que la relación entre ambos es el unísono 1/1, y la relación entre cada uno de ellos y la cornisa de 0,60 m. de altura es 9/4. Opina Salazar que es probable la evolución de la música griega desde un hipercromatismo a la etapa cromática, y de aquí al diatonismo como sistematización de la armonía funcional; después, el proceso se repite a la inversa. En el momento central de la evolución, dice este autor que "la lira, en la cual hay cuatro cuerdas que presentan dichas relaciones (proporcionales del sonido, que constituyen la *physis:* una cuarta, una quinta, una octava), parecerá el arquetipo de lo musical-transcendente".

Teniendo en cuenta estas observaciones, es lícito enriquecer la sencilla serie expuesta en el cuadro anterior con otras relaciones que hubieran podido conocer los autores del Partenón. Ante todo, con lo que el mismo Salazar denomina "Systema de Pitágoras" (los números indican valores relativos de las notas):

Diapasón como suma de dos diatessarón. Primero: *mi* 6 (Tono) *re* (Tono) *do* (Semitono) *si* 8 (Tono). Segundo: *la* 9 (Tono) *SOL* (Tono) *FA* (Semitono) *MI* 12.

La relación $6/9 = 2/3$ es división aritmética, diapente. La relación $6/8 = 3/4$ es división armónica, diatessarón. La relación $6/12 = 1/2$ es el diapasón.

Comenta Salazar que "Pitágoras debió de haber hallado la relación *mágica* de los números 6, 8, 9 y 12 de una manera empírica; lo más probablemente, buscando en las divisiones del *canon* o monocordio esas relaciones"; añade que son las que rigen entre los varios cuerpos geométricos que "por más concretos que los sonidos" pudieron servir de modelo para las relaciones numéricas.

Con este segundo cuadro se enriquece el repertorio de relaciones, pues el primero sólo ofrecía 2/3, 1, 3/2 y las potencias de ésta; ahora se añaden 3/4 y 1/2.

Con algún atrevimiento, se puede tomar la frase de Salazar sobre la evolución de la música griega a partir de un hipercromatismo, como base para aumentar otra vez el repertorio de relaciones con la *gama* que se atribuye a Tolomeo (siglo II d. J. C.); aunque sea muy posterior a la arquitectura clásica, pudiera ser una reminiscencia de *gamas* anteriores a la reducción pitagónica. Es una regeneración de la *gama* pitagórica, pues introduce acordes armónicos que faltan en ésta. El cuadro es el siguiente, y se refiere, como los anteriores, al número de vibraciones respecto a las del do_2 como unidad:

$$fa_1 = \frac{2}{3}, \quad do_2 = 1, \quad sol_2 = \frac{3}{2}, \quad re_3 = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}, \quad la_3 = \frac{10}{3},$$

$$mi_4 = \frac{10}{3} \times \frac{3}{2} = 5, \quad si_4 = \frac{10}{3} \times \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{15}{2}.$$

La "quinta justa" pitagórica re_2 - la_3 se ha disminuido en la "coma" 81/80; el nuevo la = 10/3 es igual al anterior 27/8 dividido por 81/80. En el resto de la serie subsiste la multiplicación por 3/2, como en la *gama* de Pitágoras [19].

Es de notar que las *gamas* griegas empezaban por los agudos en vez de por los graves, de modo que los tres cuadros expuestos serían entendidos al revés por los griegos. No termina con dichos cuadros lo que se conoce de la época de Pitágoras y de la inmediatamente posterior, como puede verse en la citada obra de Salazar; sus aportaciones añaden nuevas relaciones numéricas sencillas aplicables a la arquitectura.

do = 1 = 1,0000		do′ = 2 = 2,0000
	Tono = $\frac{9}{8}$ = 1.1250	
re = $\frac{9}{8}$ = 1.1250		re′ = $\frac{9}{4}$ = 2,2500
	Tono = $\frac{9}{8}$ = 1,1250	
mi = $\frac{81}{64}$ = 1,2656		mi′ = $\frac{81}{32}$ = 2,5312
	Hemitono = $\frac{256}{243}$ = 1.0535	
fa = $\frac{4}{3}$ = 1.3333		fa′ = $\frac{8}{3}$ = 2,6666
	Tono = $\frac{9}{8}$ = 1.1250	
sol = $\frac{3}{2}$ = 1,5000		sol′ = 3 = 3,0000
	Tono = $\frac{9}{8}$ = 1,1250	
la = $\frac{27}{16}$ = 1.6875		la′ = $\frac{27}{8}$ = 3.3750
	Tono = $\frac{9}{8}$ = 1,1250	
si = $\frac{243}{128}$ = 1.8984		si′ = $\frac{243}{64}$ = 3.7968
	Hemitono = $\frac{256}{243}$ = 1,0535	
do′ = 2 = 2.0000		do″ = 4 = 4,0000

Se ha intentado organizar la *gama* de Pitágoras, y presentarla en forma moderna; con todas las reservas respecto de su exactitud histórica, se expone (página anterior) el cuadro formado por el físico Sir James Jeans, por resultar cómodo para el estudio de las proporciones; se presenta ampliado a dos octavas [20].

En el cuadro anterior se puede observar que si bien las relaciones entre sonidos se expresan mediante razones de números enteros bajos, no se puede representar cada sonido por un número entero. Para evitar esta dificultad, Arístides Quintiliano (siglo I o II a. J. C.) buscó, según Salazar, un número cuyas divisiones pudieran representar cualquier sonido, de la escala admitida, con un número entero, "lo que se entenderá como *ratio*. Este número es 9.216 para la proslambanómenos *LA*, con lo que queda dicho que la mese *la* tendrá una asignación de 4.608". Estos números son proporcionales a las longitudes de cuerdas.

Tal sistema, aplicado a la arquitectura, es conveniente en sí, pues conduce a encontrar un módulo del que sean múltiplos todas las medidas del templo. Sin embargo, tanto en el caso de la música como en el del Partenón, la unidad es tan pequeña que resulta inútil en la práctica: sería equivalente a descubrir que el módulo de este templo es un milímetro, pues ninguna medida mayor que ésta puede subdividir exactamente todas las medidas que se encuentran en el edificio.

Finalmente: es preciso hacer notar que, según Salazar, se ha supuesto que Aristóxenes inventó "una especie de *temperamento* que igualaba todos sus semitonos", lo que produciría una serie de relaciones numéricas diferentes de las que han sido expuestas; ésto ha sido negado por autores modernos, y de todos modos tal *gama*, si existió, no pudo tener influencia sobre las proporciones que interesan aquí, por ser de una época posterior.

CAPITULO 4

PROPORCIONES Y CREACION ARTISTICA

La buena proporción no determina, de por sí, la obra de arte musical ni la arquitectónica; se limita a definir el elemento físico-matemático con el que se hace el trabajo creativo, sin coartar la libertad del artista ni servirle siquiera de guía; sólo le evita tropiezos. La subjetividad del artista crea la obra valiéndose, para expresar su voluntad personal creadora, de medios científicos, objetivos, y por tanto iguales para todos.

Una nota musical es un hecho científico definido por su frecuencia (número de vibraciones por segundo), y que puede expresarse gráficamente por una curva regular; la regularidad diferencia la música del ruido. A este propósito dice Jeans [21]: "La regularidad es esencial en la curva de un sonido musical. Sin embargo, la regularidad puede ser exagerada, y una regularidad sin fin da lugar a una monotonía simple y desagradable. El problema de dibujar una curva que dé placer al oído no es en absoluto diferente al dibujo de un edificio que sea agradable a la vista". La monotonía en arquitectura equivale al "zumbido llano y sordo del diapasón".

Los números que definen las notas musicales y las proporciones arquitectónicas pueden ser cambiados cuando se transforma el sentido de lo auditivo y de lo visual; esto se aprecia en el dodecafonismo y en la arquitectura moderna carente de jerarquía. Parece que este cambio de sentido en la composición ha obligado al cambio numérico de los elementos físico-matemáticos que se emplean en las nuevas creaciones, tanto musicales como arquitectónicas; se observa la tendencia actual hacia una abstracción mayor que la normal en estas dos artes, que de por sí han sido siempre consideradas como abstractas en relación con la pintura y la escultura tradicionales.

De todos modos, ningún sistema numérico, ni siquiera las reglas de composición, pueden determinar la obra del artista: la forma *sonata* y la forma *templo* tienen sus reglas, y dentro de ellas se han movido libremente los artistas que han compuesto, respectivamente, sonatas y templos tan variados.

Si el Partenón fue trazado con acordes pitagóricos y reglas musicales de composición, sería menos importante descubrir aspectos parciales de la aplicación de este sistema musical que averiguar si su totalidad responde a una creación completa y cuál es ésta. Del Partenón se conservan suficientes elementos para conocer su composición total con gran aproximación; menos restos se conservan de la música pitagórica, de modo que aquél podría servir como base para descubrir cómo fue ésta, si en realidad hubo el paralelismo entre música y arquitectura que muchos han supuesto. Lo más probable es que no existió este paralelismo, sino que, en el mejor de los casos, la arquitectura hizo uso de los acordes musicales como norma para definir relaciones sencillas entre las partes, pero dentro de unas reglas propias de composición que no tenían porque ser las mismas de la composición musical.

En consecuencia, el estudio de las proporciones del Partenón ha de fundarse en sus verdaderas medidas, a veces corregidas caprichosamente por investigadores dominados por el prejuicio de descubrir, en las relaciones entre ellas, los acordes pitagóricos supuestamente conocidos. Mejor justificación tiene el prejuicio de creer que existe una medida básica, un módulo, que divide exactamente todas las dimensiones del templo; si se pudiese hallar, quedaría explicada fácilmente la construcción, con grandes bloques de mármol tallados previamente, de un edificio tan complicado como éste, debido a las curvaturas de sus líneas horizontales y a las inclinaciones de las columnas, antas y jambas.

CAPITULO 5

SOBRE LA OPINION DE QUE "LA NATURA EN TODAS LAS COSAS ES MUY SEMEJANTE DE SI MISMA"

Antes se ha mencionado esta idea que L. B. Alberti atribuye a Pitágoras; es admitida generalmente sin discutir su fundamento. Pudieron los antiguos creer que los mecanismos del oído y de la vista eran iguales, por no conocer su anatomía como se conoce ahora; actualmente, sorprenden las grandes diferencias entre la *natura* de ambos sentidos, y entre las finalidades de cada uno.

1. El oído capta sonidos de frecuencias entre 16 y 16.000 ciclos por segundo, aproximadamente, en tanto que las ondas luminosas son del orden de 10^{14} ciclos. La diferencia entre ambos géneros de ondas es enorme, tanto en cantidad como en calidad, pues además las primeras son ondas mecánicas que se transmiten en un medio elástico, en tanto que las segundas son de naturaleza electromagnética; se comprende que los órganos sensoriales que las reciben deben ser completamente diferentes.

Estos órganos tan distintos se comportan del mismo modo en la fase final de su trabajo, pues convierten las sensaciones auditivas y visuales en impulsos de la misma naturaleza, *eléctricos*, que los nervios correspondientes transmiten a las neuronas de la corteza cerebral, que son también del mismo género para ambos sentidos; sólo varía su localización, de modo que el centro de la audición ocupa un lugar distinto del centro de la visión.

Todo lo dicho es de conocimiento vulgar en la actualidad, pero tiene el interés de que sirve para confirmar en cierto modo la opinión de Leon Bautista Alberti; en su término, la *natura* de ambos sentidos "es muy semejante de sí misma". Recibido lo oído y lo visto por aparatos cerebrales de la misma clase, puede aventurarse la opinión de que deben transmitir a la mente, a los llamados sentidos internos, sensaciones de agrado y desagrado de la misma índole; con ello se puede justificar la creencia en la validez de un sistema único de proporciones para lo que se oye y lo que se ve.

2. No obstante, es tan clara la diferencia entre lo que perciben el oído y la vista, y el modo cómo lo perciben estos sentidos, que debe creerse que ambos se complementan y que uno y otro aportan a la mente informaciones distintas, aunque lo hagan con instrumentos neuronales parecidos.

La percepción de la realidad por estos sentidos, cada uno en su ámbito, se hace de modo muy diferente: el oído mide y separa, en tanto que la vista funde lo percibido en un continuo de formas, colores, luces y sombras, medidas y proporciones.

El oído cuenta con un aparato de medida de alta precisión: el órgano de Corti, situado en el oído interno. Según Jeans, posee unas 24.000 fibras de diferentes longitud y tensión, cada una de las cuales corresponde a una nota determinada; "si tuviéramos que comparar esta formación con algo que nos sea familiar, escogeríamos un piano, construido con mucho detalle complicado, pero en escala diminuta" [22]. Una terminal nerviosa está asociada a cada fibra, de modo que cada nota es enviada al cerebro directamente, sin mezclarla con otras. En conclusión: el órgano de Corti analiza el sonido.

Nada parecido puede hacer la vista; lo equivalente al órgano de Corti es en el ojo la retina, en la que *conos* y *bastones* transmiten la imagen al nervio óptico. Los primeros son 6 millones aproximadamente y los segundos 120 millones. Las funciones de unos y otros son múltiples, como se ha indicado, y a pesar de los estudios hechos sobre ellos no se han podido determinar zonas determinadas para la apreciación de cada una de estas funciones. Esta indeterminación, unida al enorme número de elementos que actúan en el acto de la visión, hace pensar que la vista percibe la realidad como un continuo, en tanto que el oído lo hace de modo atomístico, discreto.

3. La situación de los órganos de ambos sentidos es muy diferente: el órgano de Corti ocupa una caverna en el interior del hueso, lo que es

necesario para que sus fibras puedan estar tensadas como lo están, pues las grandes tracciones se ejercen entre dos crestas óseas; los ojos, por el contrario, está sometidos a acciones blandas, y por ello están fuera del cráneo y poseen gran movilidad. Con esta última se consigue paliar, aunque sólo en pequeña parte, la limitación del campo visual: sólo se ve con comodidad lo que abarca un ángulo de unos 30 grados, y forzando el movimiento puede llegarse a los 60 grados.

Tiene gran importancia esta limitación para la percepción de las artes visuales, y en especial de la arquitectura. Raras veces pueden contemplarse bien las obras de arte de grandes dimensiones; la persistencia de la memoria hace posible esta contemplación: "Aun en ausencia de las cosas sensibles —dice Aristóteles—, sensaciones e imágenes persisten en los órganos"; Choisy añade: "En realidad, el espíritu reconstruye las dimensiones reales y recoge muy aproximadamente las verdaderas relaciones; pero queda una parte de ilusión con la que hay que contar" [23].

Aquí se trata de dos clases de órganos: los físicos y los mentales. Los primeros, los ojos, poseen simplemente una persistencia de la imagen en la retina que hace posible el cine, con tal que se proyecten más de 20 imágenes por segundo; tan breve duración no permite la contemplación de la arquitectura si la dimensión de ésta obliga a mover los ojos, y lo que es más, a desplazarse. Hay que creer que son los órganos mentales, los "ojos del alma", quienes poseen la persistencia de la memoria necesaria para este último objeto; el espíritu, en fin, a que se refiere Choisy.

Al contrario que el campo visual, el auditivo no tiene límites. La onda sonora envuelve por completo al oyente, aunque en algunas direcciones sea mejor la audición que en otras. No es posible sustraerse al sonido, y de aquí proviene la fascinación que ejerce la música, superior a la que producen las artes visuales; en éstas, basta cerrar los ojos o volver la cabeza para sustraerse a su influencia directa, si bien puede quedar su memoria en el espíritu.

4. La música es arte del tiempo y la arquitectura es arte del espacio, como suele decirse. Sin embargo, cada una de estas artes invade el campo

de la otra, aportando con ello una nueva justificación a la idea de Pitágoras.

La música necesita del tiempo, de la sucesión de tiempos; un acorde aislado no es todavía una obra musical, y aunque la simultaneidad de sonidos que lo constituyen se aprecia casi instantáneamente, necesita siempre cierto tiempo, pues cada nota es reconocida, mediante varias vibraciones sucesivas, por la fibra correspondiente del órgano de Corti. El oído puede, además, medir distancias. Es conocido el efecto Doppler: una nota constante emitida por la sirena de un tren, se va haciendo más aguda cuando éste se acerca a un observador parado, por ejemplo, en un paso a nivel; cuando el tren pasa y se aleja, la nota se hace más grave. La razón es que, al acercarse, se comprimen las ondas emitidas sucesivamente, acortando su longitud y aumentando la frecuencia; lo contrario ocurre al alejarse, pues las ondas se dilatan y disminuye la frecuencia, haciéndose más grave el sonido.

Aplicando este hecho cierto de la relación entre la frecuencia de los sonidos y la velocidad de su emisión al caso en que esta velocidad no depende del movimiento del instrumento emisor, sino de la velocidad de la propia emisión por un instrumento inmóvil, se puede aventurar la opinión de que un *allegro* debe parecer al oyente más agudo, en conjunto, que cada una de sus notas tal como son emitidas; por tanto, producirá un efecto de acercamiento al público. Un *adagio*, por el contrario, se oirá tal como se emite, y si viene después de un *allegro*, el oyente sentirá por contraste una impresión de alejamiento.

Como ejemplo de este fenómeno puede recordarse que el segundo Movimiento *(andante cuasi allegretto)* de la *Séptima Sinfonía* de Beethoven, suele "sonar lejos"; hace años, en el Teatro Real de Madrid, Von Karajan le imprimió una velocidad inusitada, con el resultado de que el oyente se sintió casi dentro de la orquesta como si participase de su actividad; la melancolía de lejanas y vagas aspiraciones, que se asocia habitualmente a este Movimiento, quedó olvidada ante la impresión nueva de proximidad a la acción y al poder de la música.

El oído puede también medir, aproximadamente, el volumen de los espacios cerrados, por la resonancia, la reverberación y los ecos, si los hay; sólo en las cámaras sordas de los laboratorios, donde se procura la absorción total del sonido, se pierde el sentido del espacio cuando se cierran los ojos. En los espacios normales se aprecian las dimensiones aproximadas, debido al conocimiento subconsciente de que la velocidad del sonido es pequeña (unos 340 metros por segundo).

5. La percepción de la arquitectura se hace por la vista, pero también el oído presta su ayuda, sobre todo en espacios cerrados, como se ha dicho antes. La visión es instantánea: la velocidad de la luz, 300.000 Kms. por segundo aproximadamente, produce en la retina la imagen de lo observado en el acto mismo de mirarlo, y todo a la vez en el mismo instante, como se ha dicho: formas, medidas, proporciones, colores, luces y sombras; todo indistintamente, pues la retina no puede analizar la imagen.

Por este motivo es fácil engañar a la vista; las medidas y proporciones reales pueden verse falsificadas si el arquitecto ha manejado hábilmente los colores y el claroscuro, y sobre todo la composición. Con estos recursos se consiguió que El Escorial parezca grandioso por fuera y por dentro, siendo su fachada principal de 207 metros, en tanto que los Nuevos Ministerios de Madrid tienen de largo 450 metros, y no parecen muy grandes; en el interior, la cúpula tiene unos 18 metros de diámetro y la nave 15; en San Pedro de Roma las medidas correspondientes son 41,50 metros y 24.

El éxito de este aparente cambio de dimensiones no se debe sólo al juego de volúmenes, luces, sombras y colores, sino también, y en gran parte, al movimiento del espectador, tanto fuera como dentro del edificio; se cuenta, por tanto, con el tiempo, como en la música. No sólo se juega con las medidas y proporciones en la arquitectura, lo que sería una banalidad, sino con las sensaciones del espectador, asunto mucho más importante. Para esto se hace la composición de modo que la arquitectura se revela poco a poco al que la recorre, sucediéndose las diferentes vistas como los movimientos de una sinfonía: por ejemplo, *allegro, andante, scherzo, allegro*. Esto se puede observar en La Alhambra y en El Escorial, aunque las diferentes vistas no se suceden en el orden indicado en el ejemplo anterior; también fue así en el recorrido de la Acrópolis, desde los Propileos hasta la *naos* del Partenón, como se deduce de la descripción de Pausanias y de las investigaciones de Stevens [24].

El ritmo y la armonía, por esencia musicales, también son fundamento de muchas arquitecturas: "En la arquitectura de los templos, los griegos se aplican exclusivamente al ritmo; sus obras, al menos en las últimas épocas, se presentan como concepciones abstractas: separadas de todo enlace con las cosas que se miden, no producen ninguna idea de grandeza absoluta, nada más que una percepción de relaciones, una impresión de armonía" [25].

6. En conclusión, la *natura* del oído, su anatomía, es apta para conocer proporciones exactas como medida de intervalos; la vista, por su *natura,* ha de ser educada para apreciar las proporciones. En el oído, este conocimiento es cuestión de naturaleza, y en la vista, de cultura. Esta ha de fundarse en algo, que pudo ser la magia, al principio, y después la ciencia; en Grecia debió ser la ciencia de Pitágoras. La vista, de todos modos, tiene cierta capacidad para medir distancias horizontales pequeñas, debido al telémetro que forman los ojos: en sentido vertical, la capacidad de medición es muy pequeña.

CAPITULO 6

LAS MEDIDAS DEL PARTENON SEGUN NICOLAS BALANOS

Después de trabajar durante el primer tercio del siglo en el arreglo y restauración de la Acrópolis, Nicolás Balanos publicó en 1936 los resultados de su obra y las medidas exactas que obtuvo del Partenón [26]. Se valió de aparatos de alta precisión, y los datos obtenidos los publicó tal como los dieron estos aparatos, sin pretender unificar los resultados diferentes obtenidos; por ejemplo, medidas y niveles de los cuatro ángulos del edificio, que no resultaron iguales en la realidad. El libro de Balanos entrega al estudioso los resultados brutos, dejando a éste el trabajo de sistematizarlos y de obtener conclusiones.

En las líneas que siguen se han empleado las dimensiones medias, cuando ha sido posible, y las medidas reales, con especificación de las máximas y mínimas observadas, en los demás casos (Figs. 6,1 y 6,2).

1. *Plataforma del estilobato.*—Mide 69,5155 m. de largo (media entre 69,512 m. de la fachada Norte y 69,519 m. de la fachada Sur) y 30,870 m. de ancho, cuya relación es 2,2518; para que esta relación fuera exactamente como 9 es a 4, ó sea 2,250, como se ha supuesto generalmente, hubiera sido necesario que la longitud fuera 69,4575 m.; resulta 58 milímetros menor que la media real. De todos modos, se acerca al intervalo pitagórico antes mencionado.

La unidad de medida, el pie del Partenón, se ha buscado en este estilobato; se ha pensado que si este templo sustituyó al antiguo Hecatonpedón destruido por los persas, la medida de 100 pies debe encontrarse aquí, por el supuesto apego de los atenienses a la tradición. En caso de ser así, los 100 pies serían la medida de la fachada principal, pero entonces resultan estos pies de 0,3087 m., lo que es excesivo.

En otro sitio de la plataforma pueden encontrarse los 100 pies: en la *naos*, que mide 29,746 m. de longitud; resultan pies de 0,2974 m., bastante semejantes a lo que se supone que fue el pie de Atenas (0,296). La anchura de la *naos* es 19,458 m., que medida en pies de 0,297 resulta ser 65,5. La relación entre largo y ancho es 1,528, que se parece a la quinta pitagórica 3/2, pero con muy poca exactitud; más se aproxima a la relación 20/13.

Aplicando este pie de 0,2974 a la medida del estilobato, resultan 233.744 pies de largo y 103.799 de ancho. Redondeando ambas medidas, se obtienen 234 pies de 0,2970 m. por 104 de 0,2968 m., cuya razón es 2,25 exactamente; se comete por tanto el mismo error arriba indicado, pero en números enteros no se puede conseguir ninguna solución mejor. Si se midiese con el pie ático, supuesto de 0,296 m., la longitud resul-

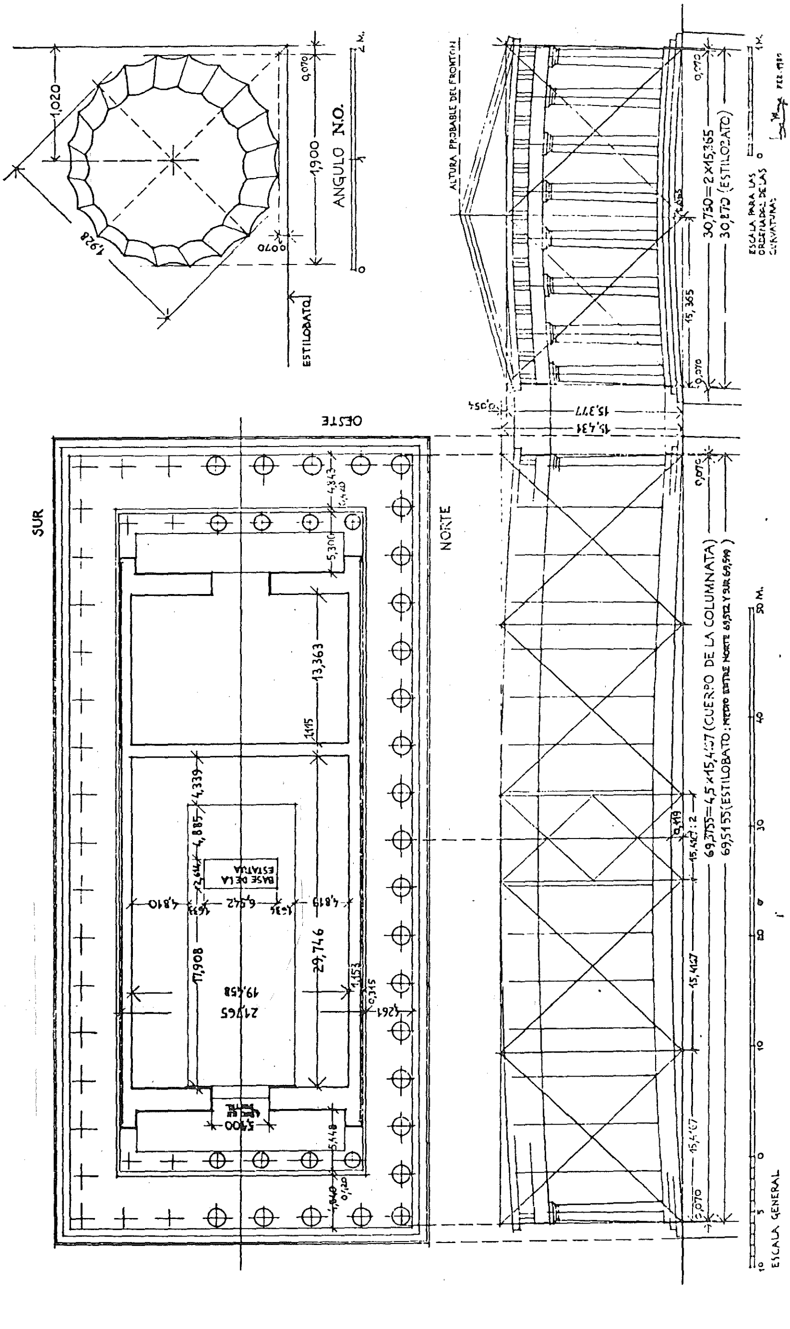

SUR
NORTE
OESTE
ESTILOBATO
ANGULO N.O.
ALTURA PROBABLE DEL FRONTON
BASE DE LA ESTATUA
30,750=2X15,365
30,870 (ESTILOBATO)
69,3755=4,5×15,4127 (CUERPO DE LA COLUMNATA)
ESCALA GENERAL
ESCALA PARA LAS ORDENADAS DE LAS CURVATURAS

FIG. 6,1

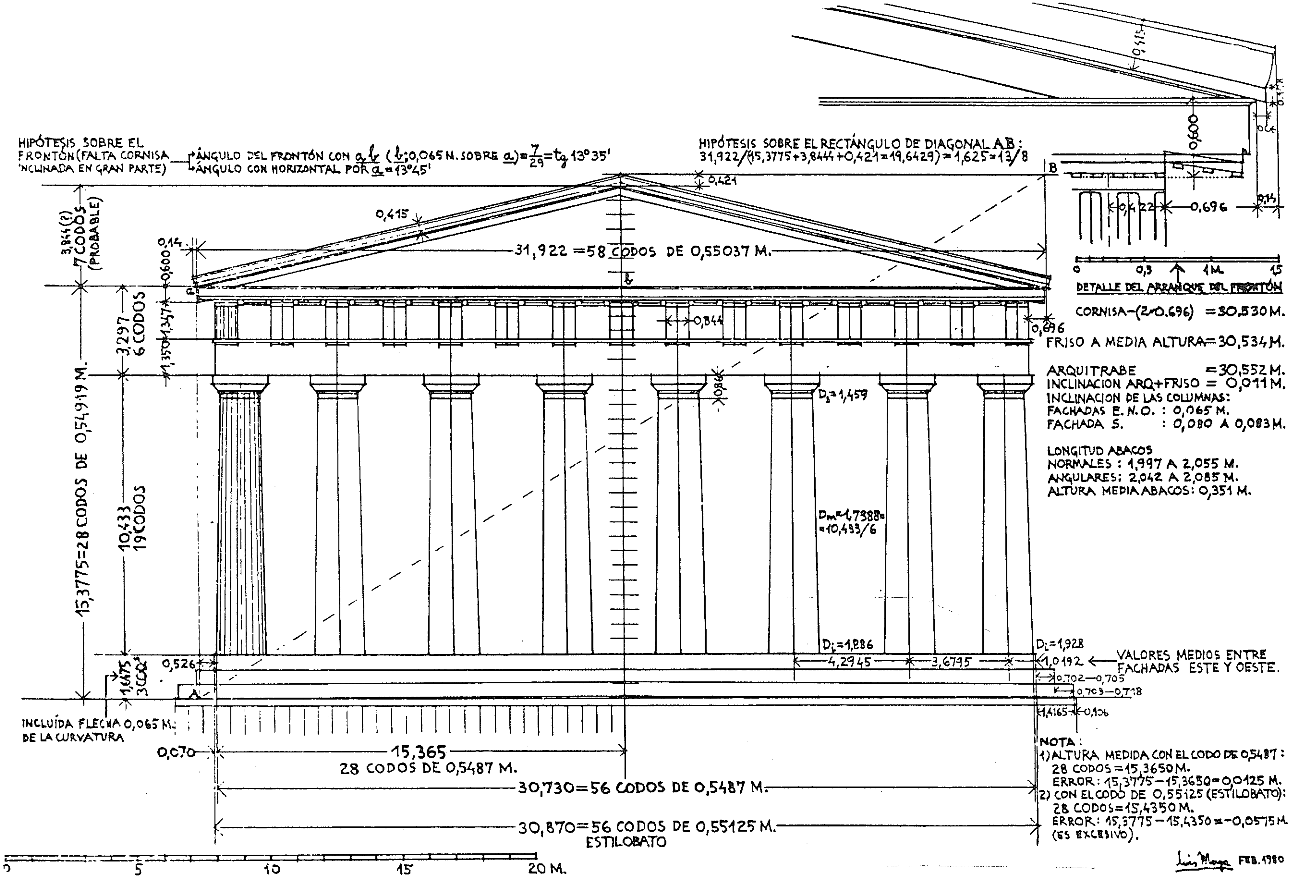

HIPÓTESIS SOBRE EL FRONTÓN (FALTA CORNISA INCLINADA EN GRAN PARTE)
ÁNGULO DEL FRONTÓN CON a b (b: 0,065 M. SOBRE a) = 7/29 = tg 13°35'
ÁNGULO CON HORIZONTAL POR a = 13°45'
HIPÓTESIS SOBRE EL RECTÁNGULO DE DIAGONAL AB:
31,922/(15,3775+3,844+0,421=19,6429) = 1,625 = 13/8
0,421
0,415
0,14
0,600
31,922 = 58 CODOS DE 0,55037 M.
3,844 (?) 7 CODOS (PROBABLE)
3,297 6 CODOS
1,347
1,350
0,844
0,696
0,86
15,3775 = 28 CODOS DE 0,54919 M.
10,433 19 CODOS
D_s = 1,459
D_m = 1,7388 = 10,433/6
D_i = 1,886
D_i = 1,928
0,526
1,6475 3 CODOS
4,2945
3,6795
1,0192
VALORES MEDIOS ENTRE FACHADAS ESTE Y OESTE.
0,702—0,705
0,703—0,718
1,4165
0,106
INCLUÍDA FLECHA 0,065 M. DE LA CURVATURA
0,070
15,365
28 CODOS DE 0,5487 M.
30,730 = 56 CODOS DE 0,5487 M.
30,870 = 56 CODOS DE 0,55125 M.
ESTILOBATO
0 5 10 15 20 M.
0,600
0,14
0,422
0,696
0 0,5 1 M. 1,5
DETALLE DEL ARRANQUE DEL FRONTÓN
CORNISA–(2×0,696) = 30,530 M.
FRISO A MEDIA ALTURA = 30,534 M.
ARQUITRABE = 30,552 M.
INCLINACIÓN ARQ.+FRISO = 0,011 M.
INCLINACIÓN DE LAS COLUMNAS:
FACHADAS E. N. O. : 0,065 M.
FACHADA S. : 0,080 A 0,083 M.
LONGITUD ÁBACOS
NORMALES : 1,997 A 2,055 M.
ANGULARES: 2,042 A 2,085 M.
ALTURA MEDIA ÁBACOS: 0,351 M.
NOTA:
1) ALTURA MEDIDA CON EL CODO DE 0,5487:
28 CODOS = 15,3650 M.
ERROR: 15,3775 – 15,3650 = 0,0125 M.
2) CON EL CODO DE 0,55125 (ESTILOBATO):
28 CODOS = 15,4350 M.
ERROR: 15,3775 – 15,4350 = –0,0575 M.
(ES EXCESIVO).
Luis Moya FEB. 1980

FIG. 6,2

taría de 235 pies casi justos, pero la anchura sería de 104,368 pies; la parte decimal es, sólo aproximadamente, 3/8 de pie.

Sobre el nivel del peristilo se eleva dos peldaños la parte central donde están situados la *naos* y el *opistódomo;* dicho nivel forma un anillo rectangular alrededor de la parte elevada. Su anchura es diferente en los lados cortos y en los largos: 4,840 m. y 4,843 m. en los primeros, y 4,261 metros en los segundos. Siendo tan fácil el replanteo en este lugar, parece natural buscar en estas medidas alguna indicación sobre la unidad empleada en la obra; la diferencia entre ambas es 0,579 m., que podría ser dos pies de 0,2895 m., demasiado pequeños. La relación entre dichos anchos es 1,135, comprendida entre 8/7 y 9/8. El rectángulo del primer peldaño de esta parte central mide 59,8315/22,348 m. La relación entre ambas dimensiones es 2,6773, que se acerca a 8/3 = 2,666. En pies, el rectángulo podría tener 201 pies de largo (pie de 0,2976) por 75 pies de ancho (pie de 0,2979). La relación 201/75 es 2,68, que se acerca mucho a la realidad (2,6773). El peldaño superior define lo que puede calificarse de segundo estilobato, pues en él apoyan las columnas del *pronaos;* mide 58,9925 × 21,718 m. La relación es 2,7162, próxima a 19/7 = 2,714.

El *opistódomo* mide 19,458 m. por 13,363 m., cuya relación 1,45 es poco significativa. La medida 13,363 expresada en pies de la *naos* de 0,297 metros, es 44,9 pies.

El muro que separa la *naos* del *opistódomo* tiene un espesor de 1,115 metros, equivalente a 3,75 pies de 0,297 m.

El rectángulo que forman los centros de las columnas en su base mide 67,475 m. de largo por 28,830 m. de ancho, tomando como distancia de estos centros al borde del estilobato la más frecuente, que es 1,020 m. La proporción de este rectángulo es 2,340, que se acerca a 7/3 = 2,333; la aproximación no es aceptable, pues tomando como base el lado corto se obtiene para el largo 67,269 m., inferior en 0,206 m. a la medida verdadera. La distancia 1,020 m. podría ser 3 pies y medio de 0,291 m. Otro rectángulo importante es el que forma el cuerpo de la columnata en su base, que se obtiene retirándose 7 centímetros, aproximadamente, del borde del estilobato en todo el contorno; resulta tener 69,3755 × 30,730 m., cuya relación es 2,2575. Se aleja de la proporción 9/4 más que el rectángulo del borde, como es natural.

Buscando la medida del pie en la fachada de 30,730 m., supuesta de 100 pies, resulta un pie demasiado grande, 0,3073 m., aunque algo menor que el del estilobato. Con el pie de la *naos*, 0,297 m., las medidas son 233,587 × 103,468 pies; si se redondean en 233 × 103 pies, se obtienen dos medidas del pie ligeramente diferentes: 0,2977 y 0,2983 m., que se acercan, en menos y en más, al pie de 0,298 antes sugerido por el rectángulo de los centros.

Como conclusión de este estudio del estilobato, se observa que no se ha encontrado la unidad de medida empleada en el templo; sólo se han obtenido diversos valores posibles para el pie, además del supuesto pie ático de 0,296 m.: a = 0,2895; b = 0,2910; c = 0,2968; d = 0,2970; e = 0,2976; f = 0,2977; g = 0,2979; h = 0,2980; i = 0,2983; j = 0,2985; k = 0,2987; l = 0,3073; m = 0,3087. Todavía aparecerán otros valores a lo largo de este estudio.

Cada uno tiene un campo de aplicación en partes de la planta; es posible que puedan excluirse los extremos de la lista, a, b, l. m. La diferencia máxima entre los restantes es 1,9 milímetros (desde c = 0,2968 hasta k = 0,2987).

Se han buscado relaciones entre números bajos en los diferentes rectángulos que existen en la planta; se obtienen algunas buenas aproximaciones, pero los resultados no son muy coherentes entre ellos ni con algún sistema conocido, como podría ser el pitagórico.

2. *Euthynteria.*—La pequeña grada que remata la cimentación no estaba proyectada, al parecer, como elemento visible de la composición; tiene importancia, sin embargo, para la determinación de las dimensiones del estilobato y de su curvatura. La distancia horizontal del borde de la euthynteria al borde de la grada superior del estilobato es 1,523 m., suma de las huellas de dicha pequeña grada (0,106), de las gradas grandes (0,708 y 0,704), y de la suma de los taludes de las contrahuellas de

éstas (0,005); estas medidas corresponden a la fachada Oeste, donde está mejor conservada esta parte del edificio. La distancia 1,523 m. equivale a 5 pies de 0,304 m. Si se prescinde de la grada pequeña, que se supone excluida de la composición, la distancia horizontal se reduce a 1,417 m., que son 5 pies de 0,283 m., demasiado pequeños. Supuesta constante la distancia horizontal de 1,523 m. en las cuatro fachadas, las dimensiones de la euthynteria son 71,0385 m. por 32,393 m.; la relación entre ambas es 2,193, que se aproxima a 11/5 = 2,2. Pueden expresarse ambas dimensiones como 239 y 109 pies de 0,297 m.; todo ello aproximadamente, pues tampoco es exacta la medida de la euthynteria.

3. *Puerta.*—Su anchura es 5,100 m. en el umbral y 4,900 m. en el dintel. La media es 5,000 m., que vale 17 pies de 0,294 m. La altura es 10,046 m., igual a 34 pies de 0,295 m.; la altura es, por tanto, el doble de la anchura, aproximadamente.

4. *Peristilo.*—Es sabido que los intercolumnios extremos de cada fachada son menores que los normales; se presenta la dificultad de saber cuál es la relación entre unos y otros, porque sus medidas son desiguales en las cuatro fachadas, y por tanto en los cuatro ángulos.

En la fachada Este los entre-ejes son, de Sur a Norte, los siguientes: 3,662 - 4,300 - 4,290 - 4,299 - 4,295 - 4,290 - 3,696 m.

El término medio entre los cinco intermedios es 4,294 m. El término medio entre los dos extremos (3,662 y 3,696) es 3,679 m. La razón entre ambos es 1,1671, que se aproxima a 7/6 = 1,1666.

En la fachada Oeste, de Sur a Norte, los entre-ejes son: 3,693 - 4,295 - 4,292 - 4,295 - 4,299 - 4,295 - 3,668 m.

El término medio de los cinco intermedios es 4,295 m. Entre los dos extremos (3,693 y 3,668) es 3,680 m. La razón es 1,1669, próxima también a 7/6.

Operando del mismo modo en la fachada Norte se obtiene como media de los 14 entre-ejes centrales 4,368 m., y de los extremos (3,683 y 3,710) 3,696 m. La razón es 1,1818, que se separa de los 7/6.

Para la fachada Sur la media de los 14 centrales es 4,370 m., y de los extremos (3,674 y 3,680) 3,677 m. La razón es 1,1884, más alejada aún de los 7/6 que la anterior.

Sería fácil expresar en pies los entre-ejes de las fachadas Este y Oeste, si fuera admisible un pie de 0,306: los centrales tendrían 14 pies y los extremos 12 pies.

Las columnas tienen 10,433 de altura; Balanos ha tenido en cuenta, para obtener esta medida en su eje, que apoyan sobre un plano inclinado y que su ábaco sostiene un plano también inclinado pero no paralelo al primero.

La relación entre esta altura y el entre-eje medio de la fachadas Este y Oeste es, para los cinco centrales de cada una, 10,433/4,294 = 2,4296; se acerca a 17/7 = 2,4285.

Para los entre-ejes extremos de estas fachadas la relación es 10,433/3,679 = 2,8358; su aproximación es 17/6 = 2,8333.

Puesto que antes se obtuvo el pie de 0,306 como adecuado para medir entre-ejes, aplicándolo ahora a la altura de la columna se obtiene una medida de 34 pies de 0,3068 m. (es preciso aumentar en 8 décimas de milímetro el pie anterior para obtener un número entero).

También se puede suponer que la altura sea de 35 pies de 0,2980 (es el h obtenido antes en el estilobato), o de 36 pies de 0,2898 (intermedio entre los a y b anteriores, pero no aceptable por pequeño).

El diámetro de las columnas en la base (excepto las angulares), medido por el fondo de las estrías, es 1,792 m., y en lo alto es 1,387 m. Las medidas por las aristas son 1,886 y 1,459, cuya relación es 1,292. El diámetro medio, sin el éntasis, es 1,6725 m.; el éntasis varía según las columnas, pero puede establecerse como término medio un aumento de 0,070 m. sobre la medida anterior, resultando que el diámetro en la mitad de la altura es 1,7425 m. aproximadamente.

Midiendo el diámetro inferior con el pie de 0,3068 m., resultan 6,147 pies; para el superior se obtienen 4,755 pies. El diámetro medio sin éntasis mide 5,451 pies, y con éntasis, 5,679 pies. Ninguna de estas cuatro medidas se puede expresar con un sistema claro de pies y divisores coherentes, por lo cual conviene ensayar con otra medida del pie. Volviendo al pie *h* de 0,2980 m., que supone una altura de 35 pies para la columna, se obtienen las siguientes medidas: diámetro inferior 1,886 m. = 6,3288 pies; diámetro superior 1,459 m. = 4,8959 pies; diámetro medio sin éntasis 1,675 m. = 5,6208 pies; con éntasis 1,7425 m. = 5,8473 pies.

La última de estas medidas es importante, pues se aproxima a la sexta parte de la altura: 35/6 = 5,833 pies. Puesto que la medida del éntasis varía según las columnas, como ya se ha indicado, puede aceptarse que el diámetro efectivo a media altura sea 10,433/6 = 1,7388 m. = 5 pies más 5/6.

La relación entre los diámetros inferior y superior es 1,292, como se indica más arriba; las relaciones de ambos con el diámetro a media altura son las siguientes: 1,886/1,738 = 1,084; 1,738/1,459 = 1,191. La primera se aproxima a 13/12 = 1,083 y la segunda es 14,3/12 = 1,191. La diferencia entre ambos diámetros es 0,427 m., que es 1,4328 pies de 0,298 m., medida comprendida entre 10/7 y 13/9 de pie.

Los diámetros inferior y superior, divididos por esta diferencia, producen los resultados 4,4168 y 3,4168, que se aproximan a 31/7 y 24/7; por tanto, la relación entre los diámetros inferior y superior se puede expresar con gran aproximación como 31/24 = 1,2916.

Puede observarse que en un elemento tan importante como es el fuste de las columnas no se encuentran exactamente las relaciones sencillas que se buscan.

Los capiteles tienen 0,860 m. de altura; parecen hechos en serie y acoplados a las inclinaciones de las columnas y de los arquitrabes mediante retoques muy sencillos. Los ábacos tienen longitudes variables de 1,997 m. a 2,055 m. en las columnas corrientes y de 2,042 a 2,085 en las de ángulo. El valor medio de las primeras es de 2,026 m., equivalente a 6 más 4/5 pies de 0,298 m.; en relación con la altura de la columna se tiene que 10,433/2,026 = 5,1495; aproximadamente, 36/7. En cuanto a la altura del capitel 0,860 m. es 2,8859 pies de 0,298 m.;

equivale a 2 y 8/9 pies. Siendo tan importante esta altura por su repetición en todas las columnas, parece que podría encontrarse en ella alguna relación más sencilla con el pie, pero si se supone, por ejemplo, que mide tres pies, éstos resultan de 0,2866 m., valor demasiado pequeño.

Las columnas de ángulo tienen un diámetro inferior de 1,928 m. (por el fondo de las estrías es 1,834 m.); la diferencia con las columnas intermedias es 42 milímetros, séptima parte de un pie de 0,294 m. La inclinación de las columnas en la fachada Sur es de 80 a 83 milímetros, y en las otras tres fachadas es 65 milímetros. Es inexplicable este hecho, pues no se puede suponer que el refinamiento de los autores del Partenón llegase al extremo de acusar con esta pequeña diferencia la realidad de que la fachada Sur es la única destinada a ser vista desde abajo.

Las tres partes del entablamento tienen las siguientes alturas: arquitrabe 1,350 m., friso 1,347 m. y cornisa 0,600 m. Los triglifos parecen hechos en serie, como los capiteles antes mencionados; la diferencia de alturas se debe a los recortes hechos para adaptarlos a los arquitrabes inclinados, y para que sobre ellos apoye la cornisa, también inclinada, como es obligado por la curvatura de todo entablamento; los recortes no se han hecho en las partes centrales de las fachadas, que son horizontales. Se puede por tanto establecer que las medidas originales de los triglifos son iguales a la altura del arquitrabe 1,350 m. La altura total del entablamento es 3,300 m.

Estas tres medidas determinan un pie de 0,300 m., con el que resulta lo siguiente: arquitrabe 4,5 pies, friso 4,5 pies y cornisa 2 pies. La relación de 4,5 a 2 es 9/4, proporción pitagórica ya encontrada antes. El vuelo de la cornisa es 0,696 m.; en pies de 0,300, es 2,320 pies, que se aproxima a 2 más 1/3 pies. La relación entre altura (0,600 m.) y vuelo (0,696 metros) se acerca a 6/7.

Si se mide el vuelo con el pie de 0,298 m., que ha aparecido muchas veces, tendría casi exactamente los 2 y 1/3 pies, antes sólo aproximados con el pie de 0,300 m.; desgraciadamente, la aparición del pie de 0,300 m.

en las medidas verticales del entablamento es tan rotunda, que resiste a todo intento de establecer una relación clara con el pie de 0,298 m., que serviría para medir el vuelo.

Los triglifos tienen 0, 844 m. de ancho. Esta medida se parece a la altura de los capiteles 0.860 m. y como ésta, presenta dificultades para su expresión en pies. No puede ser 3 pies, pues éstos resultarían de 0,281 metros, demasiado pequeños. Midiendo con el pie de 0,300 m., que es el propio de su altura, resultan 2,813 pies, que se parecen a 2 más 4/5 pies; con el pie de 0,298 m., son 2,832 pies, casi exactamente 2 más 5/6 pies.

La relación entre altura y anchura del triglifo 1,350/0,844 = 1,599 es casi igual a 1,6 = 8/5. Esta relación tan sencilla induce a tratar de medir la altura con el pie de 0,298 m.; resulta 1,350 = 4,530 pies de 0,298 metros, que puede tomarse como 4 más 8/15 pies. La altura total del entablamento 3,300 m. es 11 y 1/14 pies de 0,298 m., aproximadamente.

La relación fundamental en los órdenes clásicos entre las alturas de la columna y del entablamento es la siguiente: 10,433/3,300 = 3,1615, que se aproxima a 19/6. Si se adopta como altura del entablamento la que se observa una vez recortados los triglifos, se disminuye en 3 milímetros la altura de aquél, obteniéndose 3,297 m. La relación definitiva con la columna es 10,433/3,297 = 3,1643; se aproxima más a la relación 19/6 antes indicada. La altura del Orden, columna más entablamento es 13,730 metros.

Las tres gradas sobre las que apoya miden 0,514 m., 0,517 m. y 0,5505 m. de altura; son tres medidas irreductibles a una relación sencilla. Sumadas, y añadiendo los 5 milímetros de pendiente que tiene cada una de las dos huellas, se obtiene como altura 1,5825 m., igual a 5,310 pies de 0,298 m.

La relación entre el Orden y su basamento es 8,676, número próximo a 26/3; las relaciones entre las tres partes de la composición pueden simplificarse si al basamento se le agrega la flecha de su curvatura, que es 0,065 m. La altura resulta 1,5825 + 0,065 = 1,6475 m. Dividiendo la altura del Orden por esta cantidad se obtiene: 13,730/1,6475 = 8,333 = = 25/3.

Por consiguiente, las relaciones sencillas entre las tres alturas son las siguientes:

Basamento (incluso curvatura) ...	1,6475 m. =	3 unidades
Columna	10,4330 m. =	19 unidades
Entablamento (medidas actuales).	3,2970 m. =	6 unidades
ALTURA TOTAL ...... =	15,3775 m. =	28 unidades

De aquí se deduce que el basamento debe ser, en altura, la mitad del entablamento, y en efecto 3,2970/2 = 1,6485 m.; el error es un milímetro. La medida de cada unidad es 15,3775/28 = 0,54919 m.

Aplicando esta unidad al cuerpo de la columnata en su base, resulta en la fachada principal: 30,730/0,5491 = 55,974 unidades de 0,5491, o bien 56 unidades de 0,5487 m. La diferencia entre ambas unidades es cuatro décimas de milímetro. Si se mide con la segunda unidad la altura, se obtiene, para 28 unidades, 15,3636 m.; como la altura verdadera es 15,3775 m., el error en defecto es 13,9 milímetros. En la fachada lateral la altura es mayor, porque la flecha de la curvatura es 0,119 m., mayor en 0,054 m. que la flecha de la fachada principal.

Agregando esta diferencia a la altura total de la fachada principal, se obtiene para la lateral 15,4315 m. Son 28 unidades de 0,551 m.; aplicadas al cuerpo de la columnata en su base, 69,3755 m., se obtienen en la fachada lateral 125,908 unidades de 0,551 m., o bien 126 unidades de 0,5505 m. La diferencia entre ambas unidades es cinco décimas de milímetro. Midiendo con la segunda unidad la altura, se obtiene, para 28 unidades, 15,414 m.; el error en defecto es 17,5 milímetros.

Con este procedimiento se ha obtenido antes la proporción bastante aproximada de 56/28, o sea dos a uno, para la fachada principal; procediendo de modo análogo para la fachada lateral, cuyo estilobato medio entre las fachadas Norte (69,512 m.) y Sur (69,519 m.) es 69,5155 m., y restando 0,14 m., se obtiene la longitud del cuerpo de la columnata en la base, 69,3755 m. = 4,5 × 15,4167 m. Puesto que la altura real, incluso curvatura, es 15,431 m., se comete un error de 14,3 milímetros en defecto si se admite que la proporción de esta fachada es como 4,5 a uno, o sea 126/28.

En consecuencia, resultan unas medidas muy sencillas en ambas fachadas, pero con el grave defecto de que la unidad de medida es diferente: 0,549 m. en la fachada principal y 0,551 m. en la lateral. Si se midiese esta última con la unidad de la principal, se obtendrían 126,457 unidades de 0,549 m.; la fracción decimal es aproximadamente 4/9 unidades, o mejor, 5/11.

Es preciso observar que no se debe hacer uso de la unidad de 0,551 m. para medir cada parte de la fachada lateral, sino sólo como medida media del conjunto; en realidad, las columnas y el entablamento tienen las mismas alturas que en la fachada principal, y por tanto deben ser medidas con la unidad 0,549 m. de ésta. La diferencia está en el basamento y en la flecha de su curvatura, que suman 1,7015 m.; a esta medida corresponden 3 unidades de 0,567 m. Las columnas tienen 19 unidades de 0,549 metros y el entablamento 6 unidades de 0,549 m., como en la fachada principal.

En un intento de encontrar la relación de la unidad 0,549 con el pie se obtiene que la onceava parte de esta unidad es 0,0499 m., y que seis partes como ésta componen un pie de 0,2994 m. Para la unidad de 0,551 m. se obtiene, procediendo del mismo modo, un pie de 0,3005 m. El diámetro medio 1,7388 está en relación aproximada 19/6 con la unidad 0,549 m.; la relación exacta es 3,1672, y el error cometido con la aproximación es 4 décimas de milímetro.

El entablamento mide 6 unidades de 0,549 m. de altura, que han de repartirse entre las 4,5 partes del arquitrabe, 4,5 del friso y 2 de la cornisa; en total 11 partes. En el reparto corresponden 2,4545 unidades para el arquitrabe, otras tantas para el friso y 1,0909 para la cornisa. Cifras tan difíciles de expresar en relaciones sencillas confirman lo que ha ido apareciendo a lo largo de estos cálculos, y es que cada trozo de la composición posee un módulo propio; en el entablamento el módulo es el resultado de dividir por 11 la altura de 6 unidades de 0,549 m. asignadas a su altura total.

La relación entre los anchos de metopas y triglifos es de difícil determinación, pues si bien los triglifos son iguales, de 0,844 de ancho, no ocurre lo mismo con las metopas, que varían mucho y sin un orden definido. Unicamente se puede afirmar que las metopas extremas tienden a ser más estrechas que muchas de las centrales, pero no de todas; en la fachada Este las 14 metopas tienen las siguientes medidas desde el ángulo Sur al Norte: 1,246 - 1,254 - 1,167 - 1,288 - 1,271 - 1,271 - 1,330 - 1,317 - 1,294 - 1,331 - 1,253 - 1,241 - 1,234 - 1,277; la metopa del extremo Norte de la fachada Oeste mide sólo 1,160 m. El sistema de construcción del friso había previsto tales diferencias, pues las metopas fueron introducidas desde arriba en ranuras talladas en los triglifos, dejando así un amplio margen de error.

Para tener una idea aproximada de la relación entre anchos de metopas y triglifos, puede suponerse una media de 1,300 m. para las centrales; su relación con el triglifo es 1,54. Si se toma una de las extremas, la del Sur de la fachada Este, que mide 1,246 m., la relación es 1,476. Ambas relaciones varían bastante alrededor de 3/2.

5. *Pronaos.*—Las columnas tienen alturas desiguales, entre 10,055 m. y 10,063 m.; la altura media es 10,059. La relación entre las columnas del peristilo y éstas es $10{,}433/10{,}059 = 1{,}038$, equivalente a 27/26.

La diferencia entre estas alturas es 0,374 m.; podría ser $1 + 1/3$ pies de 0,2805 m., demasiado pequeños; también se puede relacionar con la unidad 0,549 m., resultando que esta unidad, dividida por 0,374 m., es igual a 1,467, casi equivalente a 19/13, lo que es poco significativo.

6. *Consecuencias.*—El estudio anterior de los datos de Nicolás Balanos ha tenido dos intenciones, ninguna de las cuales ha conducido a resultados concluyentes: la primera ha sido descubrir relaciones sencillas en las proporciones de los distintos elementos de la composición y la segunda ha tenido por objeto descubrir la unidad de medida que ha servido para

realizar la obra, o sea el "pie del Partenón" con el que se hubieron de medir estos elementos, tanto en el conjunto como en sus partes.

Del examen del estilobato se han obtenido 13 pies diferentes; a ellos han de añadirse otros más que han aparecido al estudiar los alzados, y aún podrían tenerse en cuenta los tres que señala Vázquez Queipo en su exhaustivo estudio sobre los sistemas métricos antiguos [27], cuando escribe "que, como se sabe, este edificio tenía 100 pies olímpicos de fachada"; estos pies son, según quien sea el autor de la medición, 0,308597 ó 0,30827 ó 0,30908 m.

En la fachada principal, por el contrario, se ha encontrado una relación muy sencilla entre sus medidas principales, la cual ha conducido a descubrir una unidad, 0,549 m., aproximadamente. En la fachada lateral se ha obtenido también una relación sencilla, pero aquí la unidad es 0,551 metros, también aproximadamente. El motivo de esta diferencia es que las dos fachadas tienen 28 unidades de altura, pero contando con las flechas de sus curvaturas, que son diferentes: 0,065 m. en la fachada principal y 0,119 m. en la lateral. Aplicando cada una de estas unidades a su fachada correspondiente, se obtienen 56 unidades como anchura del cuerpo de la columnata en la fachada principal y 126 en la lateral. La relación entre ambas medidas es exactamente 4/9, pero en la realidad hay un error, por ser diferentes las unidades de medida empleadas en cada fachada; este error se ha hecho notar en el estudio del estilobato. En consecuencia, el bloque del templo es una caja rectangular en la que no se incluyen los salientes de las gradas y de la cornisa ni el frontón; la fachada principal tiene la proporción 1/2 = 2/4 y la lateral 1/4,5 = 2/9, pero esta última es 54 milímetros más alta que la anterior. Esta diferencia de altura impide que la planta del cuerpo de las columnas tenga la proporción exacta 4/9. Ha de recordarse que las medidas horizontales se refieren al cuerpo de las columnas, o sea a la distancia entre las aristas extremas de las columnas de ángulo en su base, y no al borde de la plataforma del estilobato; las medidas de este último son 14 centímetros mayores que las anteriores, debido a que dichas aristas extremas están retiradas 7 centímetros del borde de la plataforma. También debe aclararse que las alturas se miden desde la horizontal que une los extremos de la base de la primera grada sobre la euthynteria hasta el remate de la cornisa en el centro de la fachada correspondiente.

7. *Las medidas y el sistema de construcción.*—El Partenón está construido con grandes bloques de mármol colocados a hueso, o sea sin mortero, y con las juntas pulimentadas. El enlace entre las piezas se hizo mediante grapas y tochos ocultos.

Resulta paradójico que las relaciones más sencillas y exactas se encuentren en las medidas mayores, en tanto que sea imposible descubrir algo semejante en las menores. Aquéllas son de carácter puramente estético, en tanto que las últimas son principalmente prácticas y necesarias para la realización de la obra, aunque además posean un valor estético.

La necesidad de un sistema claro de medidas es evidente cuando la construcción ha de hacerse con el sistema indicado, en el que no cabe disimular medidas incorrectas aumentando o disminuyendo el grueso del mortero; aquí las piezas han de encajar como las de un montaje moderno de piezas de acero, y así parece que fue el género de construcción que estaba en el ánimo de los constructores. Estos, en efecto, dejaron previsto el margen de error en el montaje de las metopas, tal como se hace ahora con algunos elementos en la construcción de máquinas. La investigación del sistema de medidas no ha dado resultado. Se ha buscado al principio un sistema fundado en el pie, y se han encontrado varias medidas de éste, adecuada cada una para una parte de la composición, pero no se ha descubierto la medida única que hubiera servido para toda la obra; después se han encontrado las unidades 0,5491 y 0,5487 m. en la fachada principal y 0,551 m. en la lateral, ambas muy importantes en la composición general, pero sin aplicación clara en los detalles.

Por tanto, todos estos cálculos no han servido para conocer cómo se pasó desde el proyecto hasta las medidas reales de cada pieza que necesitaron conocer los canteros para tallarlas, aunque luego hubieran de retocarlas en algunos casos para adaptarlas a las curvaturas. Como es sabido, éstas se consiguieron con piezas rectas retocadas en su asiento y en sus juntas, de modo que más que de curvas debe hablarse de polígonos, tanto en las gradas como en el entablamento.

8. *Sobre las unidades 0,5487, 0,549 y 0,551 m.*—El empleo de estas unidades en el Partenón no es extraño, pues son valores del codo intermedios entre otros muchos que enumera Vázquez Queipo en su obra citada. Las autoridades de las que proceden los valores del codo común y del codo real son Herodoto, la Biblia, las tabletas caldeas de escritura cuneiforme, Posidonio, Plinio, Maimónides, Champollion, Gedalja, Oppert y otros; los valores han sido comprobados, cuando fue posible, con las ruinas existentes en los países donde habían tenido vigencia esos codos.

El resultado es que el valor máximo, que se repite en varios autores, es 0,555 m. para el codo real o sagrado, que es igual al codo común de 0,4625 m. más un palmo de 0,0925 m., sexta parte del primero; el codo real y el común están en relación 6/5.

Otro valor del codo real es 0,518 m. = 28 dedos, al que corresponde el codo común de 0,444 m. = 24 dedos; la relación entre ambos es 7/6. El codo caldeo mide 0,525 m. = 5 manos = 25 dedos; tiene importancia porque según Oppert se conoce su relación con el pie, 5/3, resultando el valor de este último 0,315 m.

Muchos valores más reseña Vázquez Queipo para el codo real, el codo común y el pie, todos ellos vigentes en la Antigüedad según los países y las épocas. Cualquier valor obtenido en el Partenón es uno más, intermedio entre ellos y por tanto de muy verosímil aplicación en la traza de este templo.

CAPITULO 7

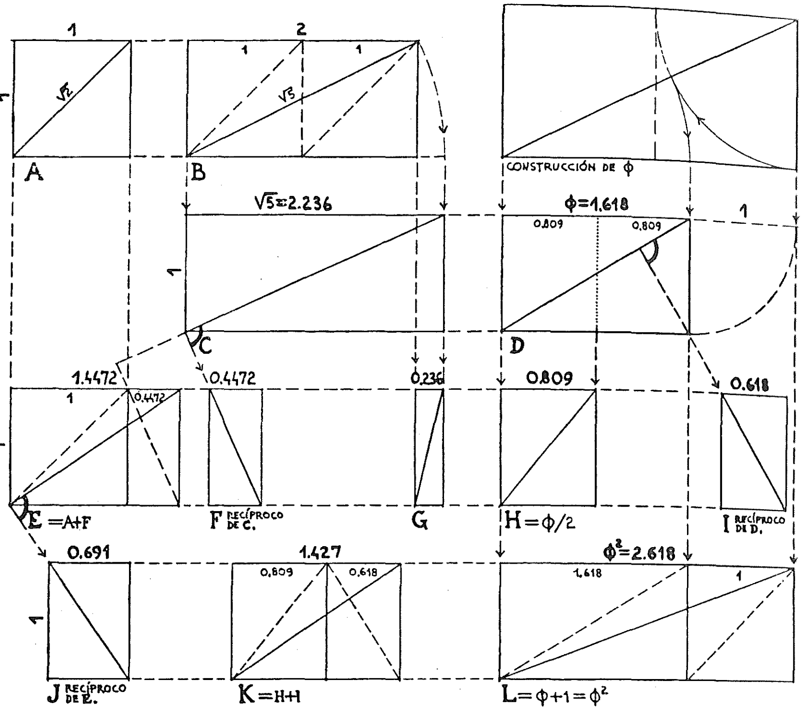
LA "SIMETRIA DINAMICA" DE JAY HAMBIDGE

Fundado este sistema en la *sectio aurea*, la *divina proporción* de Luca Pacioli, su aplicación a las proporciones del Partenón puede ser objeto de las mismas críticas, antes mencionadas, en cuanto se refiere a su aplicación a las proporciones del cuerpo humano; en efecto, la asombrosa riqueza de combinaciones que permite este número hace posible justificar casi cualquier proporción. Es un número dinámico capaz de generar otros muchos, sea por medio de sus múltiplos, divisores y potencias, sea por su combinación con los números que sirven para engendrarlo. Mejor que números deberían mencionarse figuras geométricas, pues el sentido plástico de los griegos de la primera mitad del siglo v imponía a la aritmética una expresión geométrica, según demuestra Abel Rey [28], y esta es la matemática que debieron conocer los constructores del Partenón.

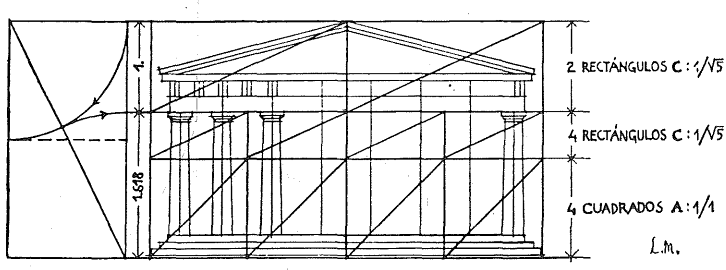
Por tanto, la aplicación del sistema se funda en el rectágulo de *divina proporción* 1/1,618, en su recíproco 1/0,618, en su mitad 1/0,809, en su cuadrado 1/2,618, y en otros derivados del primero. También se apoya en los que sirven para obtener éste: el cuadrado 1/1, el doble cuadrado 1/2, el rectángulo $1/\sqrt{5} = 1/2{,}236$; el último se deduce del anterior, pues $\sqrt{5}$ es la diagonal de aquél. Su recíproco 1/0,4472 también se emplea así como su suma con un cuadrado 1/1,4472, y su recíproco 1/0,691. Finalmente el rectángulo que resulta de restar dos cuadrados al de $1/\sqrt{5}$, $1/2{,}236 - 2 = 0{,}236$, así como la suma del rectángulo 0,618 con la mitad del primero: $1{,}618/2 = 0{,}809$; resulta $1/0{,}618 + 0{,}809 = 1{,}427$ (Fig. 7,1).

Haciendo uso de estos rectángulos, y de diversas combinaciones entre ellos, Hambidge consigue explicar todas las proporciones del templo, desde el conjunto hasta los últimos detalles. El sistema es ingenioso, pero es difícil imaginarse a los autores del proyecto dedicados a trazar el templo con estos medios, por muy aficionados que fueran, como griegos de mediados del siglo v, a los problemas y a los juegos geométricos.

Sin embargo, la seriedad del trabajo de Hambidge obliga a un estudio más atento que la ligera crítica expuesta en las líneas anteriores. En primer lugar hay que hacer constar que el análisis de las proporciones se ha efectuado sobre las medidas exactas que conocía su autor, procedentes de los trabajos de Penrose y otros, y de las comprobaciones y rectificaciones realizadas por él; no aplica su sistema sobre dibujos, sino sobre números, y éstos llevados hasta las fracciones decimales de la pulgada inglesa, y en



RECTÁNGULOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE HAMBIDGE.



APLICACION A LA FACHADA.

FIG. 7,1

algunos detalles aún más allá [29]. Algunas de estas medidas, publicadas en 1924, han sido rectificadas por las posteriores de Nicolás Balanos [30].

Aparte de las rectificaciones de este último, que hubieran obligado a Hambidge a introducir modificaciones en su trabajo, existen otras contradicciones entre las medidas de uno y otro, más aparentes que reales. La más importante se refiere a la altura de las columnas, que según Balanos tienen 10,433 metros de altura, en tanto que Hambidge señala que las columnas centrales de cada fachada son menos altas que las laterales; en efecto, el propio Balanos lo indica así en sus dibujos acotados, a pesar de su afirmación anterior. La contradicción se resuelve considerando que las columnas pueden tener todas las misma altura en el eje, pero ser desiguales en su alzado exterior, o sea en su apariencia, debido a su apoyo sobre una superficie curva y a su terminación superior en un plano inclinado, no paralelo al plano tangente al apoyo de la columna, en su eje, sobre el elipsoide que es la plataforma del estilobato. La curvatura de este elipsoide es mayor que la del supuesto elipsoide que formarían las caras inferiores de los arquitrabes; por tanto, puede decirse que las columnas extremas aparecen con mayor altura, como prolongadas hacia abajo. La justificación del sistema de Hambidge debe buscarse en la geometría que conocieron y practicaron los atenienses antes del comienzo de la construcción del Partenón. La fecha admitida para este comienzo es el año 447 antes de Cristo; para la consagración, el año 438, con la obra escultórica sin terminar; para el edificio completo, el año 432, en el momento de empezar la guerra del Peloponeso. Las fechas proceden de varios pasajes de la literatura antigua, combinados con fragmentos de inscripciones de mármol que contienen las cuentas de los gastos del templo, así como de la estatua crisoelefantina, obra de Fidias [31].

En estas fechas concuerdan los autores consultados. Más difícil es concretar las etapas del desarrollo de la geometría entre los primeros años del siglo v y los años 447 a 438 en que se hace la obra. Interesa especialmente, para juzgar la obra de Hambidge, conocer el estado del problema de la división en media y extrema razón durante ese tiempo, y en general, todo lo referente a las medias proporcionales; por desgracia, no consta que se ocupase especialmente de este tema el gran matemático Anaxágoras, que sirve de puente entre los pitagóricos y la escuela que empieza en el año 430; escuela posterior, por tanto, a la construcción del Partenón. Anaxágoras es conocido más bien como cosmólogo [32]; su amistad con Pericles hace posible que se ocupase, además, de la cuestión de las proporciones del templo, pero ningún documento lo confirma.

Según lo antes indicado en cuanto a fechas, parece inútil tratar de las cuestiones matemáticas surgidas en el año 430, pero conviene conocerlas por si en ellas se hubiese hecho uso de la matemática anterior. Se estima como cierto que en ese año concurren dos hechos importantes: el llamado *problema de Delos*, o sea la duplicación del cubo, y la llegada a Atenas de Hipócrates de Quios. Nacido éste hacia el año 470, se dedicó al comercio hasta que una desventura marítima le hizo refugiarse en Atenas; aquí se reveló como matemático, principalmente por su descubrimiento de la cuadratura de las lúnulas, pero lo que interesa aquí es su trabajo sobre la duplicación del cubo. Este problema se reduce en la actualidad a calcular la raíz cúbica de 2, pero en tiempo de Hipócrates había de resolverse mediante un trazado geométrico, pues la solución aritmética era imposible a causa de la rudimentaria notación matemática de que se disponía. Hipócrates dio una solución, según se dice, introduciendo dos medias proporcionales; lo cual, de ser cierto, supondría un conocimiento previo de este problema, o al menos de un interés por resolverlo, sobre todo en el caso más sencillo de la *sectio aurea*.

No existe, en consecuencia, ninguna contradicción entre la geometría de los atenienses de mediados del siglo v y la construcción geométrica que propone Hambridge; aparecen, sin embargo, dos dificultades. La primera, ya ha sido indicada, se refiere a la dificultad de aceptar la hipótesis de que un matemático de la época se dedicase a construir rectángulos de proporciones muy variadas, sumando los doce rectángulos básicos de que se ha hecho mención y efectuando estas sumas de diferentes maneras: por ejemplo, adosando dos de ellos por sus lados largos, o por uno largo con uno corto, o por los dos cortos. De todo ello hay ejemplos en la obra de este autor.

El sistema podría servir, en todo caso, para comprobar proporciones *a posteriori*, como ha hecho Hambidge, pero es muy difícil que un arquitecto pudiese hacer el proyecto con este método. Unicamente sería posible si todas las proporciones dependiesen de una sola, de modo que se derivasen de ésta mediante divisiones ordenadas según una ley, que podría ser la partición del rectángulo fundamental en dos partes iguales, o en tres, cuatro, etc. Ninguna ley de dependencia de cada rectángulo a uno básico aparece en la obra de este autor, donde las proporciones de cada uno se explican por separado mediante las combinaciones referidas entre las doce figuras básicas; cada rectángulo se compone, además, con figuras de éstas a diferente escala, sin que exista relación ordenada entre las escalas; de modo que no se descubre la posibilidad de una composición unitaria.

La segunda dificultad es el empleo constante de números irracionales, que en el caso de haberse hecho el proyecto con este sistema, hubiera dificultado en sumo grado la determinación de las medidas reales de cada pieza; medidas que necesitarían conocer los constructores, tanto para redactar los contratos como para efectuar los trabajos. Esta dificultad no es consecuencia de una deficiente interpretación de las medidas por parte de Hambidge, sino que es propia de las medidas en su realidad, tal como se han expuesto por Balanos; en la parte del presente artículo dedicada a estas medidas se ha comprobado la imposibilidad de descubrir la unidad métrica que, con sus múltiplos y divisores, hubiera podido medir el templo en el conjunto y en los detalles. Esta dificultad conduce a considerar posible la sugerencia de Hambidge, de que las medidas no se dieran a los constructores con números, sino por medio de figuras geométricas a escala o a tamaño natural, y por las reglas de trazado de estas mismas figuras. No es del todo convincente esta hipótesis, pues además de las dificultades prácticas antes mencionadas, existe el hecho histórico de las condiciones para la construcción del Arsenal del Pireo, donde están especificadas por escrito todas las medidas en pies, detalladas de tal modo que fundándose en ellas ha podido dibujarse la reconstrucción exacta del edificio.

Finalmente, es preciso insistir en lo artificioso del sistema de Hambridge, como puede comprobarse en la composición del rectángulo de la euthynteria (Fig. 7,2), cuyas líneas divisorias no definen elementos de la planta, sino simplemente el juego de cuadrados y rectángulos que se necesitan para llenar el rectángulo dado. Lo mismo puede decirse del rectángulo del estilobato, en el que advierte el autor la diferencia, pequeña pero cierta, entre la proporción verdadera y la que se admite normalmente, 4/9; con su complicado trazado evita el pequeño error, pero a costa de caer en

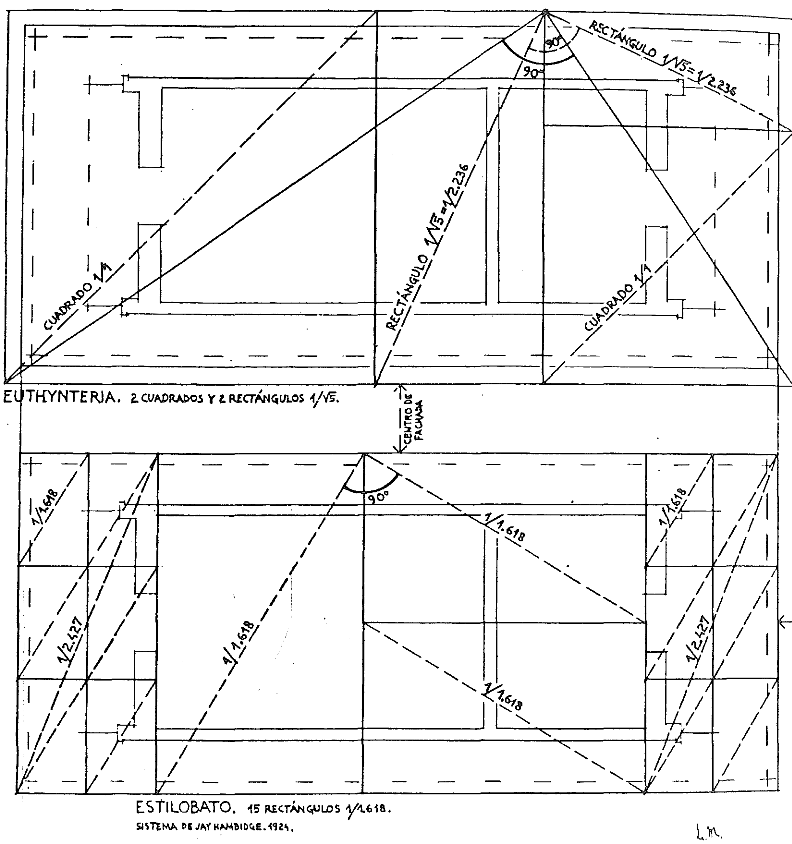


FIG. 7,2

lo inverosímil. En el trazado efectuado sobre la fachada se observa la misma arbitrariedad; únicamente la división de la altura total mediante la *sectio aurea* coincide con la separación entre los elementos sustentantes (basamento y columnas) y los sustentados (entablamento y frontón), pero su exactitud es dudosa, en realidad, por no conocerse la altura verdadera del vértice del frontón a causa del estado de ruina de la parte superior del templo.

CAPITULO 8

VIOLLET-LE-DUC Y EL TRIANGULO EQUILATERO

En el noveno de sus *Entretiens sur l'Architecture* trata Viollet-le-Duc de las proporciones, además de otros temas [33]; el medio regulador principal de aquéllas es para este autor, como es sabido, el triángulo equilátero, o el triángulo rectángulo de lados 3-4-5 en algunos casos. Justifica ampliamente su teoría, como es de esperar en tan apasionado racionalista: "Sería hacerse ilusiones si se creyese que las *proporciones*, en arquitectura, son el resultado de un instinto".

Del triángulo equilátero hace aplicación para los trazados de los templos de Corinto, de la Concordia, en Agrigento, y de Egina; las aplicaciones son bastante arbitrarias, pues refiriéndose sólo al cuerpo de las columnas, en los dos primeros templos excluye del trazado la altura de los ábacos (como hace luego Tubeuf, cuyo sistema se expondrá más adelante), en tanto que incluye esta altura en el de Egina. Para el Partenón emplea un triángulo derivado del equilátero, que descubre en "algunos monumentos antiguos de Egipto, y especialemnte en el templo de Khons en Karnac". Este triángulo es la sección por la diagonal de una pirámide de base cuadrada, cuya sección normal a los lados es un triángulo equilátero; por tanto, la relación entre la base y la altura es $2\sqrt{2}/\sqrt{3} = 1{,}6329$. Su aproximación es $18/11 = 1{,}6363$.

"Vemos que este triángulo se encuentra encerrado exactamente entre las dos líneas verticales trazadas por la mitad de la línea externa de las columnas de ángulo y el vértice extremo del frontón (hay que aclarar que la base es la plataforma del estilobato, sobre las gradas), y que los lados de este triángulo, en su punto de encuentro con la línea inferior del arquitrabe, dan los dos ejes de las terceras columnas a derecha y a izquierda. Dividiendo ahora el intervalo *ab* (Fig. 8,1) en tres partes iguales, y llevando una de estas divisiones a derecha y a izquierda, se han obtenido los ejes de las seis columnas centrales; que los ángulos *A* del triángulo dan el plomo *B* del arquitrabe; que la línea horizontal *CD*, trazada por el cruce de los lados del triángulo con el eje de la segunda columna, da la altura que ha servido para fijar las proporciones relativas del edificio, el módulo, en una palabra". Es preciso aclarar que el módulo, según este autor, es el diámetro de la columna en la mitad de la altura, y no en la base, como es regla común desde el Renacimiento.

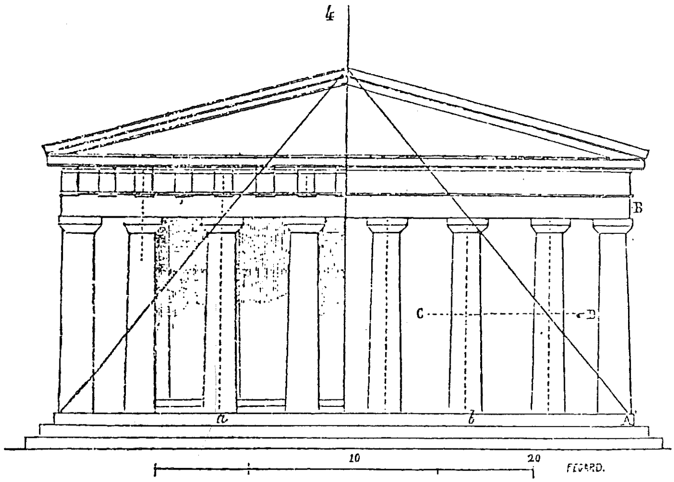


FIG. 8,1. Viollet-le-Duc.

Todo esto lo expone Viollet-le-Duc en el pequeño grabado que se reproduce, cuya dimensión máxima es 93 milímetros medidos en la grada inferior de la base. A esta escala se cumplen exactamente las palabras del autor, pero no tanto en un dibujo a mayor escala realizado con las medidas de Balanos. De todos modos, es interesante la aproximación que se consigue con el triángulo que propone.

CAPITULO 9

TEORIA DE TUBEUF - LESUEUR

En su *Historia de la Arquitectura*[34] propone Georges Tubeuf un curioso sistema de proporción fundado en la arquitectura egipcia y aplicable a la griega. Consiste en suponer que el ábaco forma parte del entablamento y que la suma de las alturas de ambos mide dos módulos.

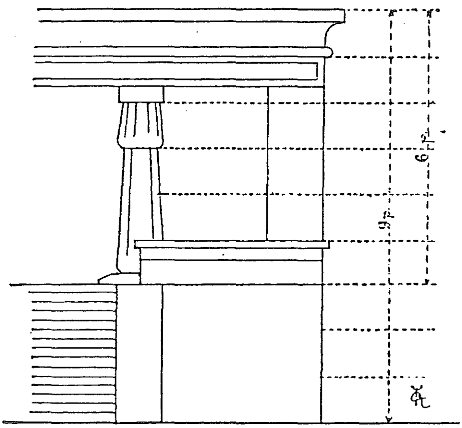


FIG. 9,1. Tubeuf, p. 141.

Como ejemplo expone el templo períptero tetrástilo de Amenofis, en Elefantina (Fig. 9,1), cuyas proporciones describe del modo siguiente:

"Su altura se divide en tres partes iguales, subdivididas cada una en otras tres, que son módulos; de tal modo que se tiene:

Altura del estilobato	3 módulos
" " fuste, incluida la base	3 "
" " capitel y arquitrabe	3 "
Anchura del intercolumnio	3 "
Puerta	2 "
Diámetro medio de las columnas	1 módulo
Altura del orden completo, sin estilobato ...	6 módulos

La altura de la parte cuadrada del orden es igual a la mitad de la altura de la parte circular. Este principio, como puede comprobarse, ha sido aplicado muy exactamente en el templo de Pestum".

No obstante lo dicho, cuando el autor expone el cuadro de proporciones de este templo, según Lesueur, no se encuentra en el mismo esa exactitud en muchas de las medidas; es de notar que el templo de Pestum, como el de Elefantina, pertenecen al *modo hexamétrico,* designado así porque el orden completo tiene seis módulos.

Del mismo modo estudia los modos *heptamétrico* y *octométrico* en varios templos griegos. El Partenón pertenece a un "modo intermedio entre el hepta y el octométrico". El cuadro de sus médidas, también según Lesueur, en el que se toma como unidad el módulo resultante de dividir por dos las alturas sumadas del entablamento y del ábaco, es el siguiente:

Cornisa	0,3260
Friso	0,7415
Arquitrabe	0,7405
Abaco	0,1920
TOTAL	2,0000 módulos

Aplicando este módulo a las otras medidas, resulta lo siguiente:

Altura de la columna sin el ábaco ...	5,558
" total del orden	7,558
Entre-ejes de triglifos	1,184
" " columnas	2,368
Diámetro inferior de la columna	1,020
" superior	0,797
Altura del capitel	0,380
Saliente del capitel	0,154
Altura del equino y los filetes	0,188

Puede observarse que ninguna de las medidas cumple las condiciones de exactitud que el propio autor ha establecido como consecuencia de su estudio del templo de Elefantina; en consecuencia, no se entiende el propósito ni la utilidad del sistema. Sin embargo, es justo hacer notar que siendo la suma (aproximada, por las desigualdades observadas por Balanos en el templo) del entablamento más el ábaco 3,644 metros, su mitad 1,822 es intermedia entre los diámetros inferiores de las columnas de ángulo y las restantes.

CAPITULO 10

VITRUVIO Y LA ARQUITECTURA GRIEGA SEGUN CHARLES CHIPIEZ

En 1891 publica C. Chipiez un estudio sobre el sistema modular de Vitruvio [35] donde presenta este sistema tal como es en su realidad total y no con la mutililación que ha sufrido desde las interpretaciones renacentistas. La totalidad del sistema, así expuesto, permite acercarlo a la arquitectura dórica griega más de lo que podían imaginar los estudiosos anteriores. Estos se contentaban con aplicar las reglas generales del dórico vitruviano que se exponen en el Libro IV, Capítulo I, 4 y 6, y III, 16, de *Los Diez Libros de Architectura*[36]; estas reglas, por sí solas, no se encontraban realizadas en ningún templo griego, ni aún en los escasos romanos dóricos. Tampoco se encuentran en los jónicos y corintios existentes, cuyas reglas generales, iguales para ambos Ordenes, se explican en el Libro III, Capítulo II, 19 y siguientes. Vitruvio atribuye estas reglas a Hermógenes, autor del templo jónico de Magnesia de Meandro, así como a otros maestros, también del Asia Menor, al parecer; la actividad de Hermógenes se desarrolla, aproximadamente según Dinsmoor[37], entre los años 193 y 156.

Tanto las reglas generales del jónico como las del dórico son abstractas, entendiendo con este calificativo que determinan sistemas de proporción independientes de dos aspectos de la realidad: las dimensiones y la apariencia ante el espectador. Vitruvio tiene en cuenta esta realidad y, en consecuencia, establece dos sistemas de reglas para adaptar las generales a los casos particulares, con lo que modifica los resultados de la aplicación de aquellas.

El primer sistema modifica las reglas generales en cuanto se refiere a las dimensiones reales del templo; así lo explica en el Libro III, Capítulo II, 21 y 22, y Libro IV, Capítulo VI, 32. En estos párrafos se une la dimensión a la visualidad, de modo que también se incluye parte del segundo sistema de reglas. Vuelve sobre este último en el Capítulo III del mismo Libro, 33, 34 y 43.

Según Chipiez, pueden explicarse algunas particularidades del dórico griego mediante las reglas generales, sin apelar a las reglas correctivas. Dice que "un tetrástilo será más alto que el hexástilo que le sucede, y así sucesivamente. Esta particularidad podemos comprobarla en edificios dóricos de la misma época, aproximadamente. El templo de Olimpia, construido por Libon, tiene 27,40 m. de ancho (95 pies según Pausanias); seis columnas de frente y una altura de alrededor de 19 m. El Partenón de Ictinos, de 30,68 m. de ancho, tiene ocho columnas en fachada y una altura de 18 m. solamente" (sobre el estilobato).

De esta consideración deduce Chipiez que quizá fuera posible "reconstituir matemáticamente un templo" partiendo de algunos fragmentos, si se tienen en cuenta las reglas de dimensión real y de visualidad, además de las generales, pero acaba demostrando la imposibilidad de lograrlo. Observa que existe, en las verdaderas medidas de los templos conservados, la imposibilidad de reducir éstas a relaciones sencillas dependientes de un solo módulo.

Tampoco pretendía Vitruvio esta simplificación, pues el módulo general abstracto debía ser modificado por los módulos de las dimensiones reales y de la visualidad; además, el módulo vitruviano se subdivide de diferentes modos según sea el elemento del templo al que se aplica: por ejemplo, la base jónica tiene un módulo de altura total; un tercio de esta altura es el plinto, y los dos tercios restantes se dividen en ocho partes, que corresponden a la parte circular de la base. El capitel jónico correspondiente tiene como altura un tercio de módulo, y éste se divide en doce partes, a las que añaden siete, iguales a las anteriores, para completar hacia abajo la altura de la voluta. Todo esto es, simplificado, lo que dice Vitruvio en el Libro III, Capítulo II, 28 y 31 [38].

Chipiez comenta lo anterior diciendo que "así se forman los módulos auxiliares; son a veces muy diferentes, pero ciertamente proceden del módulo principal, en el que tienen su origen y su punto de partida".

Tantas dificultades sobre la aplicación del módulo abstracto y de los módulos correctivos, así como sobre las subdivisiones de todos ellos, conducen a Chipiez hacia "una teoría mucho más juiciosa. Según M. Aurès, todas las proporciones de los templos se expresan en números sencillos, pero estos números pertenecen a la escala de dimensiones, que es el sistema métrico en uso según los lugares y los tiempos". La obra de M. Aurès a que se refiere es un estudio del gran templo de Pestum [39].

En apoyo de esta teoría cita el estudio de A. Choisy sobre el Erecteo [40], donde existen inscripciones que determinan medidas de muchos elementos, todas ellas expresadas en pies y palmos, y siempre en números sencillos; con las medidas del Arsenal del Pireo sucede lo mismo, como es sabido [41].

Por desgracia, en el Partenón es imposible encontrar estas medidas sencillas, como se ha visto antes al estudiar los datos que proporciona Balanos. El mismo Chipiez hace notar que en "ciertos templos" se observa una relación sencilla entre el módulo y las medidas usuales, y que en éstos la dimensión general, de la que el módulo es una parte, está determinada por un número exacto de pies; no parece que éste sea el caso del Partenón, sino más bien lo que dice más adelante: "Si las proporciones de los diversos miembros de la arquitectura se refieren en números simples a esta medida, lo hacen de un modo aproximado en la mayoría de los casos, raramente con exactitud rigurosa". Añade que esto no debe sorprender, "si se relaciona con lo que se ha dicho de los cambios que los módulos correctivos aportan a las proporciones típicas".

La consecuencia de todo el estudio se resume en las siguientes conclusiones:

"El sistema de proporciones de Vitruvio comprende:

1.° Un módulo principal.

2.° Módulos correctivos que modifican las proporciones típicas según sean las dimensiones.

3.° Módulos auxiliares que sirven para determinar las simetrías de los diferentes miembros de la arquitectura".

Como aclaraciones añade que "la busca de estas simetrías en los edificios antiguos sería hoy una aventura en el límite de lo imposible", y que "el sistema modular establece las proporciones según un método tal que, en último análisis, no puede subsistir ninguno de los números sencillos sobre los que estas proporciones han sido fundadas".

Termina con un ejemplo teórico la exposición de su excelente estudio; traza Chipiez un "templo dórico hexástylo, empleando el módulo de las proporciones generales y los módulos correctivos de los intercolumnios y arquitrabes". Para ello empieza por fijar la anchura en 50 pies y una fracción (porque "no busca relaciones simples entre el módulo y el pie",

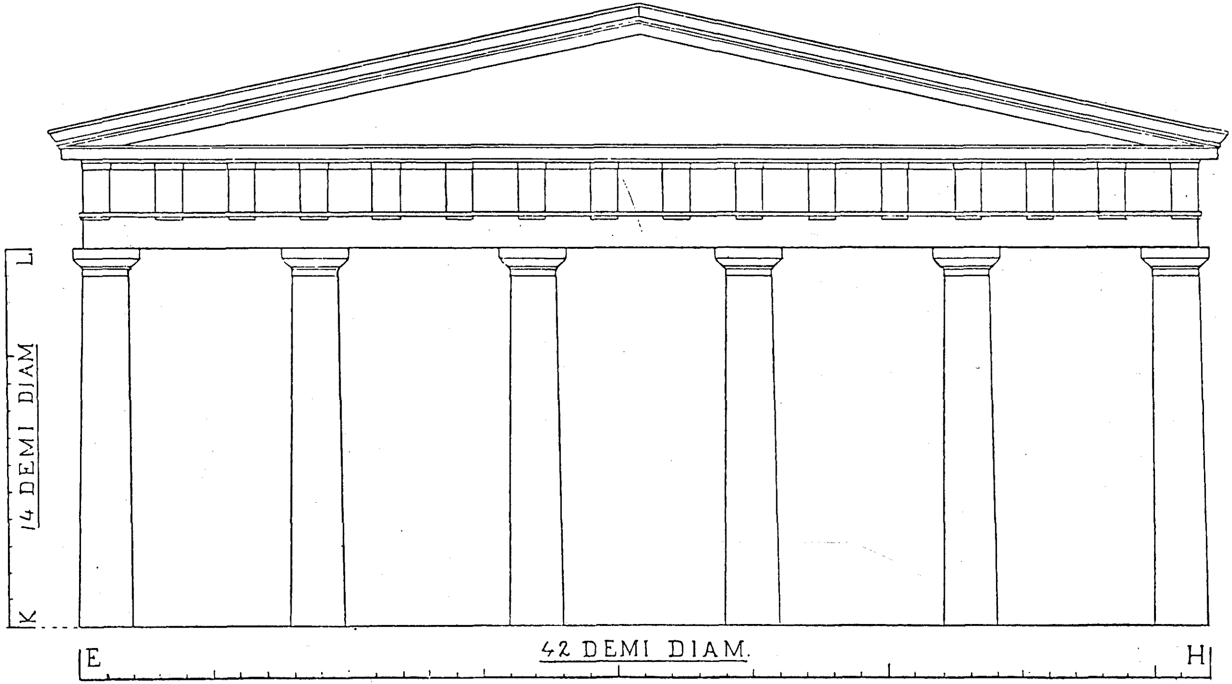


FIG. 10,1. Chipiez *(Ob. cit.*, Pl. I, Fig. VI).

de acuerdo con lo observado en las medidas de los templos dóricos, en general). Dibuja primero, con arreglo a las leyes generales, el templo dórico romano que propone Vitruvio, y después superponiendo un segundo dibujo en el que conserva la anchura fijada para el primero, pero con todas las modificaciones que imponen las reglas correctivas del propio Vitruvio, un segundo templo; resulta ser un dórico griego, muy parecido al de Teseo (Hephaistos) sobre el Agora de Atenas.

Chipiez hace varias alusiones al Partenón, y dibuja partes del mismo en las láminas: la columna, a la que atribuye una altura de 5,57 diámetros inferiores, en la lámina VI, figura III; el entablamento, en la lámina VII, figura IV; el intercolumnio, en la lámina VIII, figura IV. No trata en ningún lugar del conjunto de la composición.

Parece que Chipiez no hubiese tenido mucha dificultad en hacer con el Partenón lo que hizo con el templo hexástylo del ejemplo teórico citado. En efecto, la lámina I, figuras IV, V y VI, presenta el templo dórico griego hexástylo compuesto según los módulos generales de Vitruvio (Figura 10,1); las proporciones del conjunto tienen una vaga semejanza con el Partenón, aunque éste sea octástilo. El número de triglifos es fundamental en el trazado del dórico griego, y en esto se diferencian ambas composiciones: el templo vitruviano tiene 16 triglifos y el Partenón 15. No obstante, es posible que aplicando las reglas correctivas se llegase a convertir el hexástylo en octásilo, y a obtener las proporciones del Partenón, o al menos unas muy parecidas.

Se confirma la hipótesis anterior con el templo octástilo jónico de la lámina II, figura III, que presenta también una cierta semejanza con el Partenón en sus proporciones de conjunto, a pesar de pertenecer a un Orden diferente (Fig. 10,2). Es también posible que aplicando las reglas correctivas se llegase por este nuevo camino a las proporciones del Partenón, y con más facilidad que en el caso anterior.

Finalmente, debe hacerse notar que Chipiez duda de la opinión corriente sobre el módulo considerado como el diámetro inferior del fuste de la columna o su mitad; puede corresponder, dice, al diámetro inferior, al medio o al superior. Pero también menciona el texto de Vitruvio, Li-

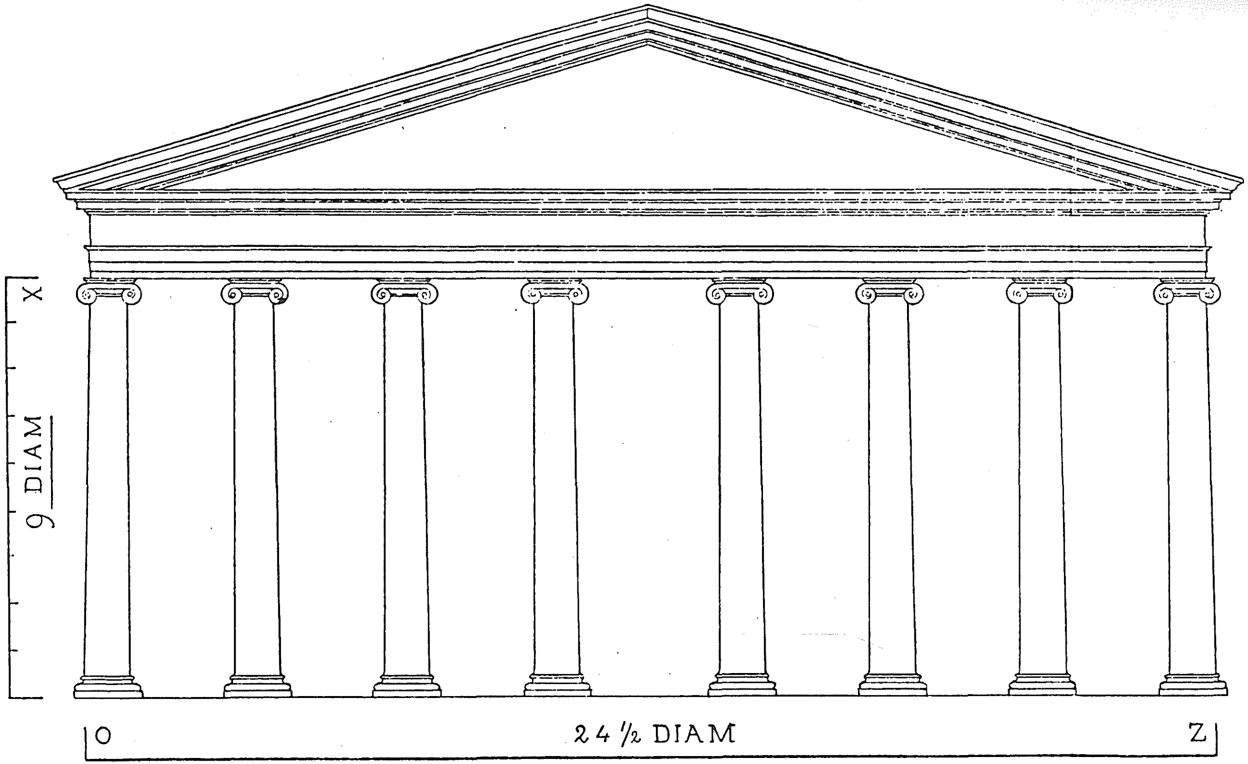


FIG. 10,2. Chipiez *(Ob. cit.,* Pl. II, Fig. III).

bro V, Capítulo IX, 33 y 34 [42], donde "parece designar el diámetro inferior, y nos hemos conformado a esta prescripción en nuestros ejemplos"; en el Partenón, si se acepta el diámetro medio, la altura de la columna es seis diámetros (se entiende que el diámetro medio cuenta con el éntasis y se mide muy próximo al punto medio de la altura).

CAPITULO 11

VERSION DE C. J. MOE SOBRE VITRUVIO Y LA ARQUITECTURA GRIEGA

Las obra de C. J. Moe *Numeri de Vitruvio,* en su versión italiana [43], es un importante avance sobre la de Charles Chipiez en la comprensión de las relaciones entre el texto vitruviano y la arquitectura griega. Es conocida la dependencia de este texto respecto de la arquitectura helenística, pues el mismo Vitruvio la declara y nombra a sus maestros. El interés de las obras de Chipiez y de Moe consiste en que exponen cómo lo helenístico conserva la tradición clásica del siglo V en un grado muy superior al que se suponía habitualmente. Empieza Moe, como Chipiez, con el estudio de las reglas generales y fija su atención en la determinación del módulo. Vitruvio inicia sus trazados a partir de la longitud del cuerpo de columnas en su base, o sea la distancia entre las proyecciones exteriores de las columnas extremas, medida en el arranque de los fustes. Esta distancia se supone dada al arquitecto como base para su trabajo, el cual empieza con la división de aquélla en partes iguales, que serán los módulos, o medios módulos en algún caso.

Las divisiones que indica Vitruvio, y señala Moe, son para el Orden jónico en su modo éustilo, 18 partes en el templo de 6 columnas y 24 + 1/2 en el de 8 columnas. Cada parte es el diámetro del fuste en su arranque y constituye el módulo con el que se mide todo el templo antes de que se modifique según las reglas correctivas. Todo esto se encuentra en el Libro III de Vitruvio.

Tiene interés especial el templo jónico de 8 columnas para un estudio sobre el Partenón, pues la proporción general resulta ser la misma, aproximadamente, en ambas fachadas, o sea un rectángulo cuya altura es la mitad de la base, excluido el frontón; también la altura de éste es parecida en ambos casos. Por tanto, las siluetas son semejantes en su conjunto, aunque no ocurre lo mismo en el resto de la composición.

En el Orden dórico, modo diástilo, las divisiones son 27 para el templo de 4 columnas y 42 para el de 6 columnas. Cada parte es un módulo, que aquí es el radio del fuste en su arranque, y también es el ancho del triglifo; esto último, o sea el triglifo como módulo, es el fundamento del sistema de Moe.

Siguiendo esta idea en el templo diástilo de cuatro columnas, empieza el estudio de la composición con el trazado del friso, donde el triglifo-módulo alterna con las metopas. La longitud del friso es la misma que en la base, o sea 27 módulos. De ellos 11 son triglifos, y los 16 restantes han de repartirse entre las 10 metopas intermedias y los dos fragmentos de metopa en los extremos del friso, como corresponde al dórico romano de Vitruvio; las metopas enteras tienen 1,5 módulos, y los fragmentos 0,5 módulos.

Las columnas tienen 14 módulos de altura, y el entablamento 3 + 1/6. Todo ello conforme al Libro IV, Capítulo III, 18 y siguientes. Las cuatro columnas tienen sus ejes bajo ejes de triglifos, incluso las dos extremas. Los diámetros de las columnas en la base miden 2 módulos.

Al llegar a este punto, Moe busca una explicación del origen de este Orden de Vitruvio, y supone que el origen sea un templo de 11 triglifos, o sea como el de Teseo (Hephaistos). En éste las columnas extremas tienen sus ejes desplazados respecto de los ejes de los triglifos extremos, pues como en todo el dórico griego estos triglifos están en los ángulos del friso. Suprimidos los fragmentos de metopa antes mencionados, las metopas enteras han de aumentarse al repartir entre ellas los dos medios módulos de estos fragmentos; en consecuencia, las 10 metopas tienen 1,6 módulos cada una, y el friso sigue teniendo 27 módulos de longitud, tanto en el templo de Teseo como en el diástilo dórico vitruviano.

El primero tiene 6 columnas y el segundo 4, pero Moe, llevado por la igualdad de la longitud de ambos frisos, explica la composición del templo de 6 columnas por medio del de 4 columnas.

Parece que hubiera sido más sencillo explicar el templo de Teseo por medio de los templos de 6 columnas vitruvianos, uno diástilo y otro sístilo, pero el primero tiene 17 triglifos en un friso de 42 módulos y el segundo 12 triglifos en un friso de 29,5 módulos. Ninguno de ellos cumple la condición de tener 11 triglifos en un friso de 27 módulos.

Por tanto, Moe, introduce dos columnas más en el tetrástilo de Vitruvio; las 6 columnas quedan situadas bajo triglifos alternos, y con esto se completa la composición horizontal. En ella se verifica que los tres intercolumnios centrales siguen la misma cadencia del friso, o sea la relación 1/1,6, pues las columnas miden en su base 2 módulos y el intercolumnio 3,2; los laterales miden 2,7 módulos.

Las medidas en alzado del templo de Teseo no se pueden explicar en su totalidad según las reglas de Vitruvio, pero sí algunas de ellas. Por ejemplo, la altura de la columna es 5,697 diámetros de la base (5,72/1,004), pero a un tercio de dicha altura, aproximadamente, el diámetro se reduce a 0,953 m., que es exactamente el sexto de la altura, 5,72 m. Con ello se cumple a medias lo que dice Vitruvio en el Libro IV, Capítulo I, 4 [44]: "Tomaron la medida de un vestigio de pie humano, y hallando ser la sexta parte de la altura del hombre, la trasladaron a la columna, dando a ésta de altura seis veces el grueso de su imoscapo, incluso el capitel".

Moe continúa su estudio del templo de Teseo hasta alcanzar aspectos no tratados por Vitruvio. Utilizando lo que designa como "analogía según el principio de Filopappo", descubre algunas semejanzas entre las proporciones de diferentes partes de la fachada, pero comenta estas investigaciones diciendo prudentemente: "Con intención se han descuidado una gran cantidad de concordancias geométricas y de curiosidades sobre las que hubiera sido atractivo insistir, pero en opinión del autor serían secundarias ante los elementos *fundamentales* que se buscan".

Pueden mencionarse dos de estas concordancias: la altura del entablamento es al diámetro medio de la columna, como la altura de ésta es al entre-eje normal; la superficie del elemento sustentante, producto de la altura de la columna por el diámetro medio, es igual a la superficie de lo sustentado, producto de la altura del entablamento por la longitud del entre-eje normal (Fig. 11,1).

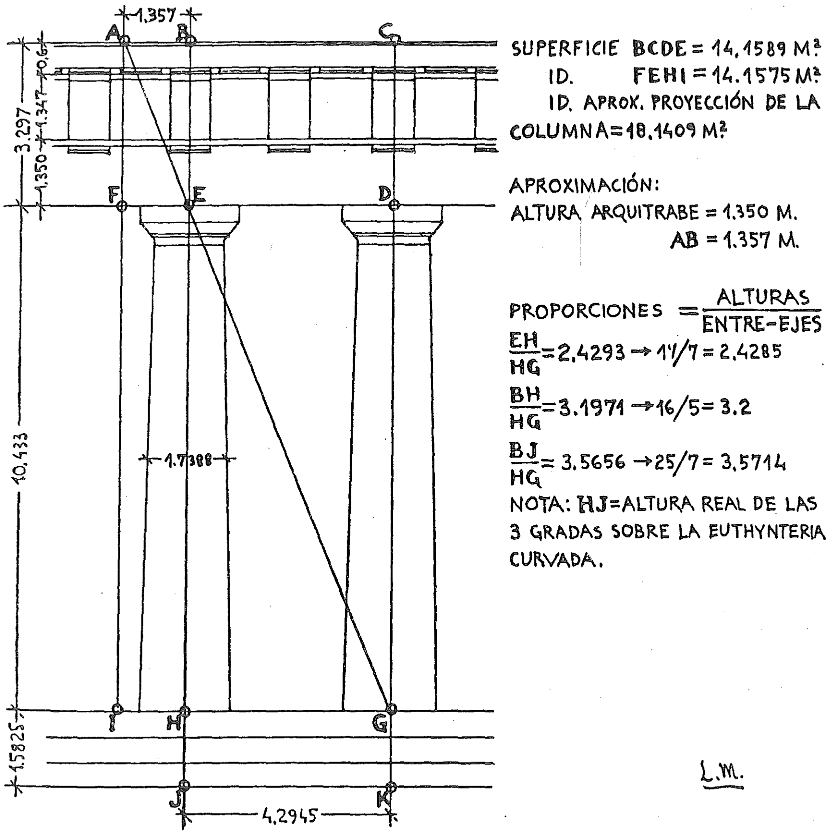


FIG. 11,1

El Partenón no es estudiado por Moe en conjunto, sino en algunos detalles solamente, porque dice que "es preciso tener presente que en él se ve con claridad la tendencia a abandonar el esquema dórico. En este aspecto el Partenón es uno de esos puntos culminantes en que la línea de desarrollo de una idea está ya cambiando de dirección".

En efecto, los sencillos esquemas vitruvianos que ha descubierto en el conjunto del templo de Teseo no aparecen en el Partenón. Sin embargo, se encuentran en éste algunas relaciones simples que pueden compararse con las correspondientes del templo de Teseo.

En este último se verifica que el diámetro de la columna en la base mide dos módulos, o sea dos anchos de triglifo. En el Partenón, la semisuma de los diámetros inferior y superior del fuste es 1,672 m., cuya mitad, 0,836 m., es inferior al ancho del triglifo en sólo 8 milímetros. Debe advertirse que se ha calculado con la semisuma, no con el diámetro a media altura que, con el éntasis, mide 1,7388 m.; por este motivo no puede tomarse en consideración lo expuesto sobre el triglifo como mitad aproximada del diámetro de la columna a media altura, sin éntasis. Es una simple curiosidad, como las mencionadas por Moe líneas más arriba, pues lo realmente operativo en el trazado del Partenón es que el diámetro a media altura, con el éntasis, es la sexta parte de la altura de la columna normal.

Sería interesante aplicar a este templo el método que Moe ha empleado en el de Teseo, pero el resultado no puede ser satisfactorio, como indica este autor. Efectivamente, si se empieza por comparar las superficies, en proyección, de los elementos sustentantes y los sustentados, no se obtiene en el Partenón la igualdad que Moe descubrió en el templo de Teseo: en el primero, la superficie sustentada por una columna es el trozo de entablamento en un entre-eje normal; la superficie es $4{,}2945 \times 3{,}297 = 14{,}1589$ metros cuadrados. La misma superficie, medida en la proyección de una columna de 10,433 m. de altura, corresponde a un diámetro medio de 1,357 metros, que es inferior al diámetro medio verdadero, y también al mínimo, 1,459 m. Por consiguiente, las columnas del Partenón son más robustas, en relación con lo que sustentan, que las del templo de Teseo.

Tampoco se obtiene la igualdad en las relaciones entre la altura del entablamento con el diámetro medio de la columna, y entre la altura de ésta con el entre-eje normal; la primera es $3{,}297/1{,}738 = 1{,}896$, y la segunda 10,433/4,2945 = 2,429. La diferencia es muy grande entre ambas, y confirma lo antes dicho sobre la robustez de las columnas; por ser ambas concordancias dos formas diferentes de una sola, es natural que la primera se confirme con la segunda.

La cadencia columna - intercolumnio, medida a media altura, es 2,555/1,738 = 1,469; en el friso, la cadencia triglifo-metopa (referida el valor medio de ésta), es 1,276/0,844 = 1,511.

Ambas cadencias son diferentes, al contrario que en el templo de Teseo; además, no son relaciones de números bajos. Unicamente la primera, si se quiere, podría expresarse con la razón 22/15 = 1,466.

La misma relación columna-intercolumnio, medida en la base como hace Moe, es 2,4085/1,886 = 1,2770, que se aproxima a 14/11 = 1,2727. No parecen tener importancia estas relaciones ni sus aproximaciones, según el criterio vitruviano; en cambio, pueden tenerla las siguientes relaciones:

Entre los diámetros en la base y en lo alto del fuste, 1,886/1,459 = = 1,292, que se parece a 9/7 = 1,285.

Entre los diámetros en la base y a media altura (incluso éntasis), 1,886/1,7388 = 1,0845; aproximado a 13/12 = 1,0833.

La altura de la columna y el diámetro en la base están en la relación 10,433/1,886 = 5,591; se aproxima a 28/5 = 5,6, que equivale a 5 + 3/5 diámetros.

La relación entre la altura de la columna y el entre-eje normal es 10,433/4,2945 = 2,4293; aproximadamente es 17/7 = 2,4285.

Siendo el triglifo la unidad de medida del templo de Teseo según Moe, se ha explicado ya como la longitud del friso es 27 triglifos-módulos. Aplicando este criterio al Partenón, se obtiene que la longitud del friso, 30,530 metros, es 36,1729 módulos de 0,844 m.,; el valor aproximado es 36 + 1/6 módulos = 36,1666 módulos.

Volviendo a la altura de la columna, se obtiene que su valor en triglifos-módulos es 10,433/0,844 = 12,3612; aproximadamente, 12 + 1/3 = = 12,333 módulos.

El entre-eje normal, expresado en triglifos-módulos, es $4{,}2945/0{,}844 = 5{,}0882$, muy cerca de $5 + 1/11$ módulos $= 5{,}090$.

La altura del entablamento, medida con el mismo módulo, es $3{,}297/0{,}844 = 3{,}9063$; su aproximación más fácil es $3 + 9/10 = 3{,}9$, aunque más exacta es $3 + 10/11 = 3{,}9090$.

Todas estas relaciones, expresadas en números bajos como conviene al sistema de Vitruvio, pueden ser más conformes a la realidad del Partenón de lo que cabe esperar de unas simples aproximaciones, pues las medidas verdaderas que han servido de base son diferentes según sean los lugares del templo. En este trabajo se han efectuado los cálculos sobre algunas de las medidas de Balanos en unos casos y sobre los términos medios en otros; en un estudio más sistemático es posible que se hubiera comprobado la exactitud de algunas de las sencillas proporciones antes obtenidas; las cuales, por ahora, son solamente hipotéticas.

De todos modos, la aplicación del sistema completo de Vitruvio, tal como ha sido expuesto por Chipiez y por Moe, hace casi imposible descubrir en un templo realmente construido cuáles fueron las proporciones originales del primer proyecto, cómo se modificaron éstas por la aplicación de las reglas de corrección exigidas por las dimensiones reales y por las correcciones visuales, y cuáles fueron el módulo general y los módulos auxiliares que determinaron los detalles.

Cita Moe a este propósito párrafos del Libro III de Vitruvio que se refieren al mayor diámetro de las columnas de ángulo, "porque el ayre las come, y las hace parecer menores a la vista: y lo que engaña el ojo lo debe suplir el arte" (Capítulo II, 21); respecto de la inclinación de las columnas dice que "todas las de los lados del Templo á una y otra mano inclusas las angulares, trabajadas de manera, que el lado interior de ellas que mira á las paredes de la nave quede perfectamente á plomo; y todo lo exterior se disminuirá según la regla dada para la disminución de las columnas (Capítulo III, 30).

Las curvaturas existentes en el templo de Teseo no son tenidas en cuenta por Moe; Vitruvio, siguiendo a los griegos de la época clásica, las determina con carácter general: "Todo el pedestal se hará del modo que tenga por medio los resaltes por escabelos desiguales; porque si se dirige todo llano, hará a la vista como un canal". Esta es la traducción que hace Ortiz y Sanz (Libro III, Capítulo III, 27) del párrafo cuyas palabras esenciales son: "adjectiones per scamillos impares"; desconociendo este autor, como todos los antiguos traductores y comentaristas de Vitruvio, las curvaturas de los templos griegos, es natural que forzasen sus textos para acomodarlos a su idea de que las palabras latinas se referían a un podio con resaltos.

Auguste Choisy, como ya se ha dicho, expuso la verdadera traducción de este pasaje de Vitruvio, que explica el trazado de las curvaturas con el mínimo de palabras; en realidad, es el procedimiento más sencillo para dibujar una parábola. Choisy atribuye esta interpretación al ya citado Aurès (Fig. 11,2).

Moe resume los *añadidos* al trazado general, según Vitruvio, en la siguiente clasificación:

"1) Inclinación de las columnas y del entablamento.

2) Aumento del diámetro de las columnas (estos dos *añadidos* al esquema teórico se refieren a correcciones ópticas).

3) Entasis (como manifestación de la fuerza que actúa en la columna).

4) Curvatura, o sea los arcos elegantes de las líneas horizontales: basamento, entablamento, etc. (cuya finalidad es óptica y psicológica a la vez).

Estas cuatro formas de *añadidos* se encuentran en el templo de Teseo, así como en el Partenón (alrededor del año 440) y en otros templos".

En el templo de Teseo se han podido relacionar los *añadidos* entre ellos, y todos con el trazado fundamental; ésta ha sido la obra de Moe, que no ha repetido con el Partenón. En éste se encuentran muchas relaciones sencillas, como las que se han expuesto en líneas anteriores, pero falta esa coordinación entre todas que exige Vitruvio y que, de haberla, explicaría el trazado total. Moe no intentó descubrir este trazado; Hambidge ha supuesto haberlo conseguido, pero el resultado de su obra es, pese a su esfuerzo, una suma de diversas proporciones no relacionadas orgánicamente entre ellas; de modo que su sistema puede servir para comprobar, trozo a trozo, la realidad construida, pero no para proyectarla, y menos con el sistema vitruviano. Además no incluye la influencia de las curvaturas en la composición.

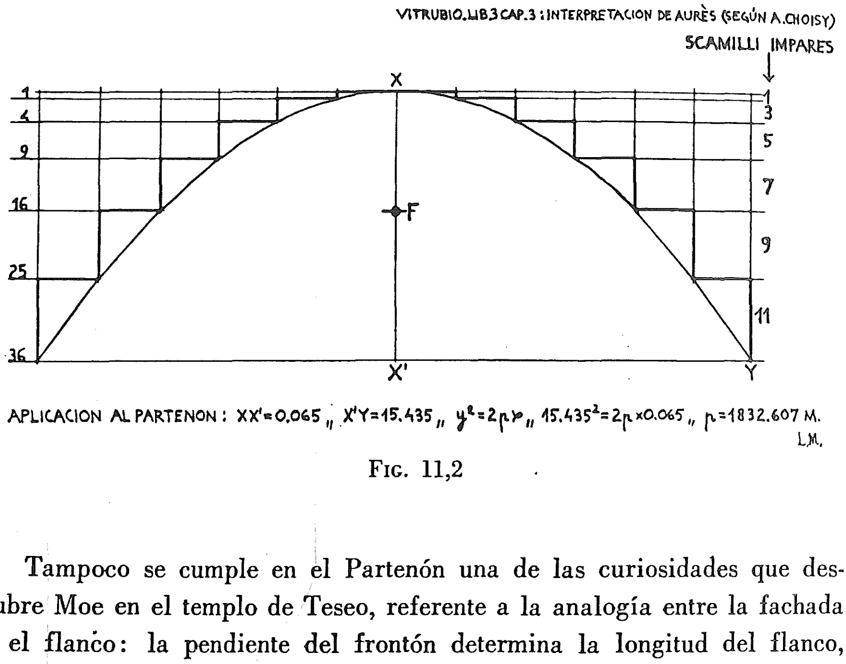


FIG. 11,2

Tampoco se cumple en el Partenón una de las curiosidades que descubre Moe en el templo de Teseo, referente a la analogía entre la fachada y el flanco: la pendiente del frontón determina la longitud del flanco, con tal que se considere como longitud la distancia horizontal entre el filo de la cornisa (sin la cima) y el eje de la última columna en el extremo opuesto. Es la distancia entre dos elementos heterogéneos, de modo que se trata de una comprobación ingeniosa, pero arbitraria, que puede verse en la figura 55 de su obra citada.

En el Partenón no se cumple, como se ha dicho, esta curiosidad, pero aparece en cambio otra más notable (Fig. 11,3): aplicando al costado la traza que Moe aplica al templo de Teseo, se observa que la prolongación de la pendiente del frontón no toca, en el Partenón, a ningún punto importante del estilobato ni de la base de las gradas: en el primero, el punto *I* queda desplazado 0,2615 m. del eje de la columna más próxima, que es la cuarta (en el de Teseo toca en el eje de la base de la primera columna, la del ángulo); en la base de las gradas toca en el punto *H*, que carece de significación en el alzado, pero pasado a la planta coincide, casi, con la alineación *MN* de las columnas del pronaos; el error es de doce milímetros.

Otra curiosidad que no aparece en Moe es que el entre-eje extremo y la altura *PS* del Orden, incluidas las gradas, determinan un rectángulo cuya diagonal *PQ* forma con la vertical el mismo ángulo del frontón. Este ángulo se repite con la diagonal *TS* respecto de la horizontal. Igualmente se encuentra el mismo ángulo en la planta con las diagonales *BN, MR* y *AG.*

En consecuencia, el ángulo del frontón parece tener importancia en el trazado de varias partes del templo, al menos por aproximación. En realidad, no es posible conocer la medida exacta de este ángulo, pues no se conservan piezas suficientes para determinarlo; según los lugares que se mida, se obtienen valores comprendidos entre 13° 32′ y 13° 45′.

Moe aplica el "principio de analogía de Filopappo", con más o menos convicción, a distintos trazados sobre la fachada principal del templo de Teseo. A imitación suya se han aplicado al Partenón, obteniéndose los trazados *UV* y su perpendicular *XY*, así como *UK* con su perpendicular *ZWU′*. Estos trazados señalan puntos heterogéneos, por lo que no pueden considerarse más que como simples coincidencias.

Siguiendo el ejemplo de Moe en su figura 56, se ha inscrito el ángulo recto *ACF* en la planta del estilobato del Partenón (Fig. 11,3), con lo cual se ha descompuesto este rectángulo en dos recíprocos de diagonales *AC* y *CF*, cuya proporción es 1,643; se aproxima a la relación 23/14 = = 1,6428. Calculando con esta última la proporción del estilobato, se

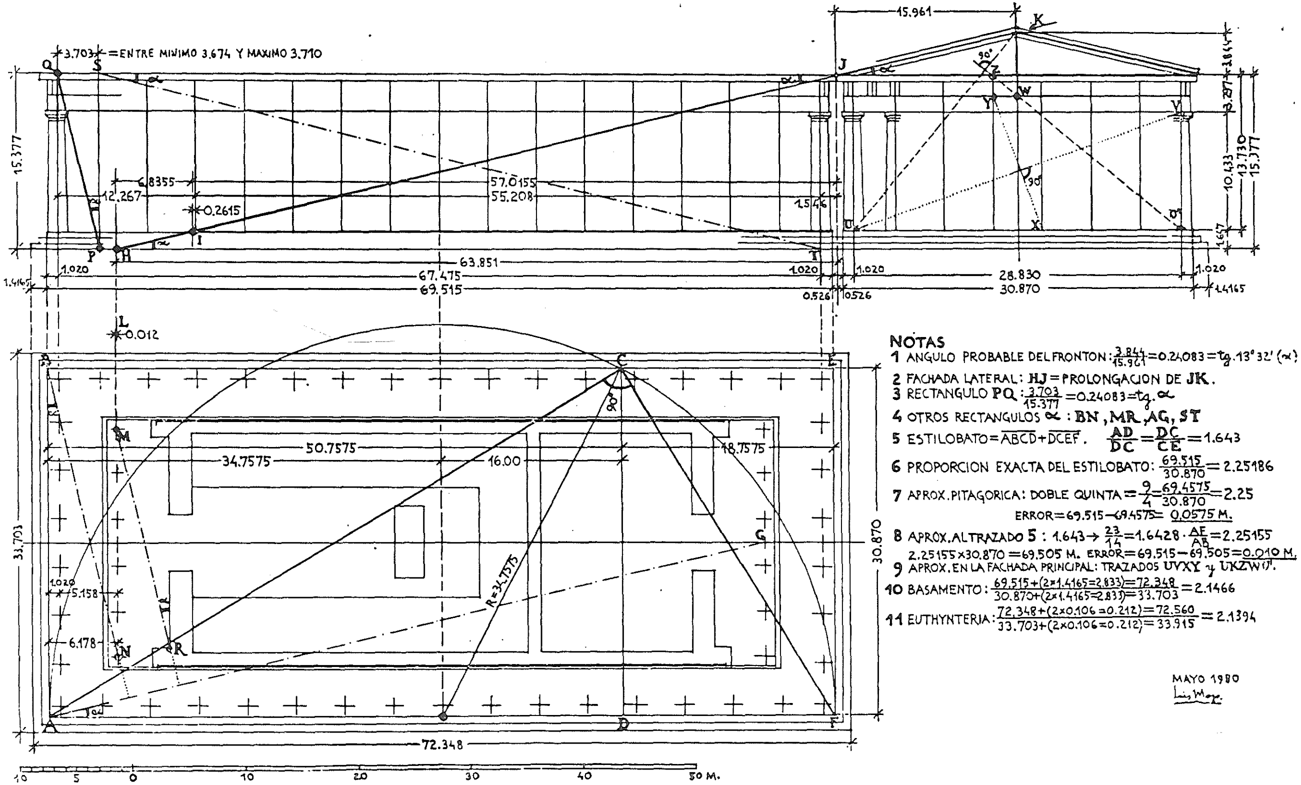

3.703 = ENTRE MINIMO 3.674 Y MAXIMO 3.710
NOTAS
1 ANGULO PROBABLE DEL FRONTON: 3.844/15.961 = 0.24083 = tg. 13° 32' (α)
2 FACHADA LATERAL: HJ = PROLONGACION DE JK.
3 RECTANGULO PQ: 3.703/15.377 = 0.24083 = tg. α
4 OTROS RECTANGULOS α: BN, MR, AG, ST
5 ESTILOBATO = ABCD + DCEF. AD/DC = DC/CE = 1.643
6 PROPORCION EXACTA DEL ESTILOBATO: 69.515/30.870 = 2.25186
7 APROX. PITAGORICA: DOBLE QUINTA = 9/4 = 69.4575/30.870 = 2.25
ERROR = 69.515 − 69.4575 = 0.0575 M.
8 APROX. AL TRAZADO 5: 1.643 → 23/14 = 1.6428 · AE/AB = 2.25155
2.25155 × 30.870 = 69.505 M. ERROR = 69.515 − 69.505 = 0.010 M.
9 APROX. EN LA FACHADA PRINCIPAL: TRAZADOS UVXY y UKZWO'.
10 BASAMENTO: 69.515+(2×1.4165=2.833)=72.348 / 30.870+(2×1.4165=2.833)=33.703 = 2.1466
11 EUTHYNTERIA: 72.348+(2×0.106=0.212)=72.560 / 33.703+(2×0.106=0.212)=33.915 = 2.1394
MAYO 1980

FIG. 11,3

obtiene $AF/AB = 2{,}25155$; aplicada a $AB = 30{,}870$ m., resulta $AF = = 69{,}505$ m., con un error de un centímetro en menos. La verdadera proporción del estilobato es $69{,}515/30{,}870 = 2{,}25186$. Conviene recordar que la proporción de la doble quinta pitagórica, $9/4 = 2{,}25$, produce un error, en menos, de 0,0575 m.

Otras coincidencias curiosas pueden encontrarse en el Partenón, fundadas en los trazados que aplicó Moe al templo de Teseo o en los trazados de otros autores; puede afirmarse que no tienen otra importancia que la de simples juegos geométricos, pues con todas ellas no se descubre la regla de trazado general, que modificada con las reglas complementarias que indica Vitruvio y señalan Chipiez y Moe, ha podido determinar la composición del templo; lo que ha resultado, según la cita de Durm [45] que aporta Moe, es esta verdad: "Dice Platón claramente, expresado en palabras nuestras (de Durm), que el edificio que contemplamos no es exactamente la figura trazada con base en el principio teórico, sino aquélla corregida y adaptada". La dificultad, y quizá la imposibilidad, consiste en descubrir cómo se hizo la corrección y la adaptación.

Como conclusión, es preciso mencionar el juicio de Moe sobre el sistema de Vitruvio: hizo lo que "lógicamente debía crear: podemos decir que una fusión de etrusco, de romano y de dórico, con clara aplicación de la metódica griega".

CAPITULO 12

EL RECTANGULO "PARTENON" DE ELISA MAILLARD

En su excelente obra sobre el número ∅, *Le Nombre d'Or* [46], Marius Cleyet-Michaud trata extensamente del rectángulo descubierto por Elisa Maillard en un estudio sobre Santa Sofía de Constantinopla, y encontrado después por ella misma en otros monumentos; entre ellos, el Partenón, y de aquí el nombre adoptado para esta figura. Es un rectángulo cuya diagonal, y la recta que une un vértice con el centro del lado largo opuesto, están en la relación de la *sectio aurea* (Fig. 12,1). La proporción del rectángulo es la siguiente: $2\sqrt{\varnothing/(3-\varnothing)} = 2{,}16408$.

Aplicado sobre la planta del Partenón, y efectuado el cálculo para la comprobación de su correspondencia con algún rectángulo significativo de esta planta, se observa que no coincide con ninguno de éstos. Cleyet-Michaud se limita al dibujo, sin cálculo alguno, y por ello no puede comprobar que el rectángulo "Partenón" queda sobre la grada inferior del basamento, a una distancia de 0,251 m. de su borde exterior. El error es excesivo.

El mismo autor indica mediante el dibujo, pero también sin cálculo, lo que denomina "rectángulos homotéticos del plano", los cuales son los que definen la "Casa de la Divinidad (Naos y Opistodomo)" y los "cuatro ángulos del basamento"; ya se ha comprobado la inexactitud de la posición de estos últimos, pero en la "Casa de la Divinidad" aparecen coincidencias curiosas cuando se superpone el plano del Partenón al esquema (representado en la línea gruesa) que publica Cleyet-Michaud, como se ve en los puntos *a, b, b', c, d* y *d'*.

No escapa a la percepción estética y matemática de este autor el carácter relativo de estas coincidencias que, para una obra dada, aparecen con diferentes trazados; se encuentran "trazados sobreabundantes, que pueden ser a veces incompatibles, al menos en teoría". Tal situación, añade, "puede deberse a otra causa, a saber, que los números que determinan las figuras de la geometría elemental, y especialmente los polígonos regulares, están ligados entre ellos por una gran variedad de relaciones aproximadas".

Confirmando estas palabras, propone dos trazados aproximados del rectángulo "Partenón". El primero es el rectángulo $\varnothing$ multiplicado por 4/3; su proporción es 2,15737. El segundo es el rectángulo de proporción $13/6 = 2{,}1666$.

Es lástima que este último, tan sencillo de construir, sirva para una proporción que no es la verdadera.

Las medidas reales del basamento, medido en la primera grada (excluyendo la euthynteria), son 72,348 m. y 33,703 m., cuya relación es 2,14663; una aproximación es $15/7 = 2{,}14285$. Aplicada esta relación

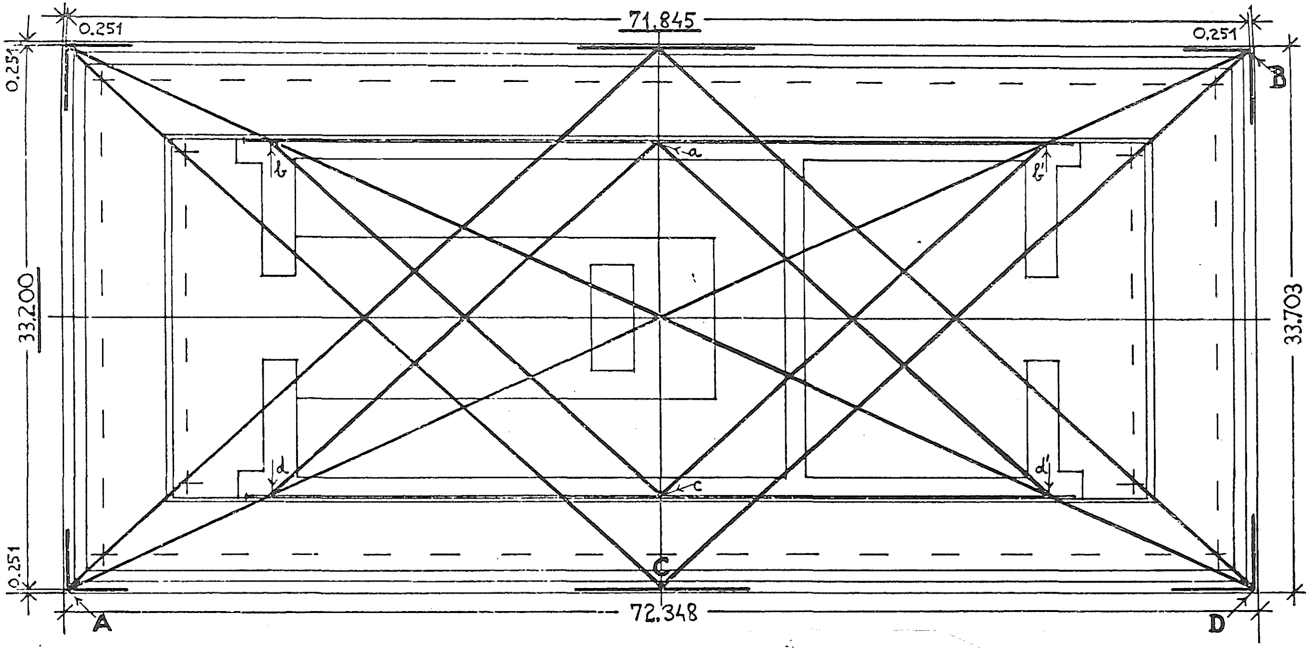


FIG. 12,1

NOTAS

RECTANGULO "PARTENON" DE E.MAILLARD
(SEGÚN CLEYET-MICHAUD)

$\frac{AB}{CB} = 1.618 = \Phi$ // $\frac{AD}{DB} = 2\sqrt{\frac{\Phi}{3-\Phi}} = 2.16408$

AD= 71.845 M. DB=33.200 M.

DIMENSIONES REALES DE LA GRADA INFERIOR:

72.348/33.703 = 2.14663

ERROR: 72.348−71.845= 0.503=2×0.251
33.703−33.200= 0.503=2×0.251

COINCIDENCIAS APROX.: a, b, b', c, d, d'. MAYO 1980

Luis Moya

al lado corto, 33,703 m., resulta para el largo 72,220 m.; el error respecto de la medida verdadera es, en menos, 0,128 m., lo que no es excesivo tratándose de un basamento.

La consecuencia de tantas coincidencias aproximadas se resume en las juiciosas palabras de este autor: "El hecho de que varias *teorías* distintas sean capaces de explicar *prácticamente* la misma obra, no condena, en nuestra opinión, la investigación de los trazados reguladores. Incluso nos inclinamos a pensar que las múltiples explicaciones, con la condición de que tengan fundamentos sólidos, son la prueba de la riqueza de una obra. En todo caso es preciso evitar, salvo presunciones serias, la atribución al creador de tal o cual explicación o interpretación, anteponiéndola a otra cualquiera".

El Partenón, como se ha comprobado, admite las múltiples explicaciones a que se refiere Cleyet-Michaud; son la prueba de su riqueza. Quizá a esta multiplicidad se deba el extraordinario atractivo que posee la obra maestra de la arquitectura griega clásica, y que no ha perdido a pesar de su ruina.

CAPITULO 13

"AD QUADRATUM" SEGUN TREZZINI

Henri Trezzini [47] propone un trazado muy sencillo para determinar las líneas principales del alzado del Partenón (Fig. 13,1). En el lado derecho de la figura está representado este trazado, y en el lado izquierdo se repite el mismo, superpuesto al verdadero alzado según los datos de Balanos.

Se observa que el resultado es una aproximación poco exacta, pero no tan alejada de la realidad que deba desecharse; por el contrario, debe ser estudiada como una original y atractiva propuesta para obtener automáticamente un alzado parecido al del Partenón.

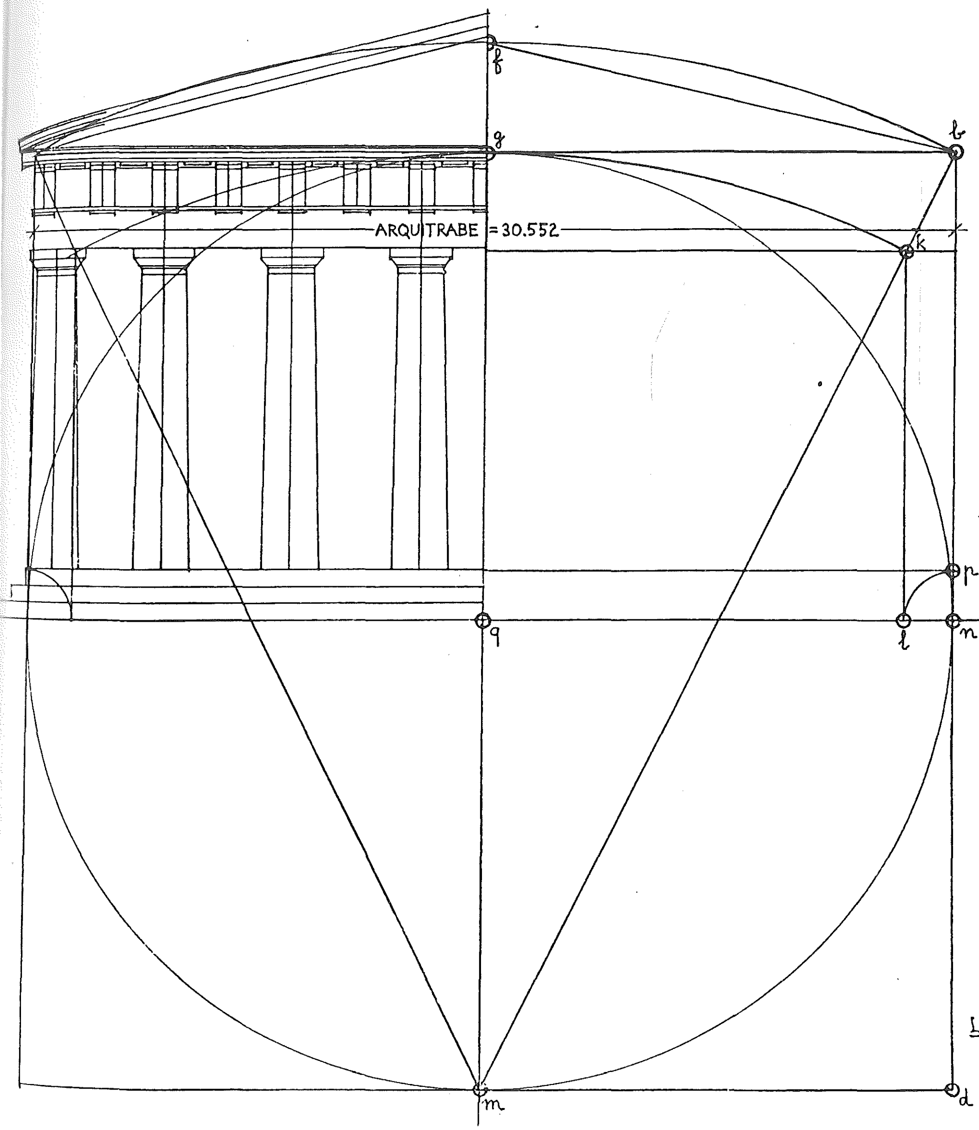


Fig. 13,1

Este automatismo procede según las siguientes etapas:

1. El elemento básico es un cuadrado cuyo lado es la longitud del arquitrabe y cuyo centro es el de la base del templo, punto *q*. La mitad derecha del cuadro es *g - b - d - m*. La cornisa remata en *gb*.

2. Se traza la recta *bm*. Con centro en *m*, el arco de circunferencia de radio *mb* determina el punto *f*; la recta *fb* indica la pendiente del frontón.

3. El arco de centro *m* y radio *mg* determina el punto *k* en su intersección con la recta *bm*. La horizontal por *k* es la base del arquitrabe.

4. La vertical trazada por *k* determina el punto *l* en la base; llevando *nl* a *np* se obtiene la altura del estilobato.

La vertical *kl* tiene como finalidad principal la determinación de la altura del estilobato, pero también define la vertical del punto más alto del fuste de la columna de ángulo, como se observa en el lado izquierdo de la figura.

La inexactitud más llamativa es la posición de la horizontal *gb* respecto del filo de la cornisa. Ambas líneas deberían coincidir según Trezzini, pero ello obligaría a que el cuadrado inicial fuera mayor: en la realidad, debería tener como lado la longitud del cuerpo de columnas en su base, que es algo mayor que el arquitrabe. Efectuado un nuevo trazado con esta base, se obtiene la coincidencia de la recta *gb* con el filo de la cornisa, pero nada más.

Como el sistema es muy atractivo por su ingeniosa invención, se han ensayado otras soluciones en busca de mayores ajustes entre la trama geométrica y la realidad (Fig. 13,2). En el dibujo del lado derecho se adopta como lado del cuadrado la máxima anchura del templo, que es la longitud de la primera grada del basamento; con esta solución no se consigue otra cosa que aumentar el tamaño del dibujo, sin obtener por ello ningún ajuste.

En el lado izquierdo, la Solución *A* tiene como lado del cuadrado la longitud de la segunda grada, que es también, aproximadamente, la dis-

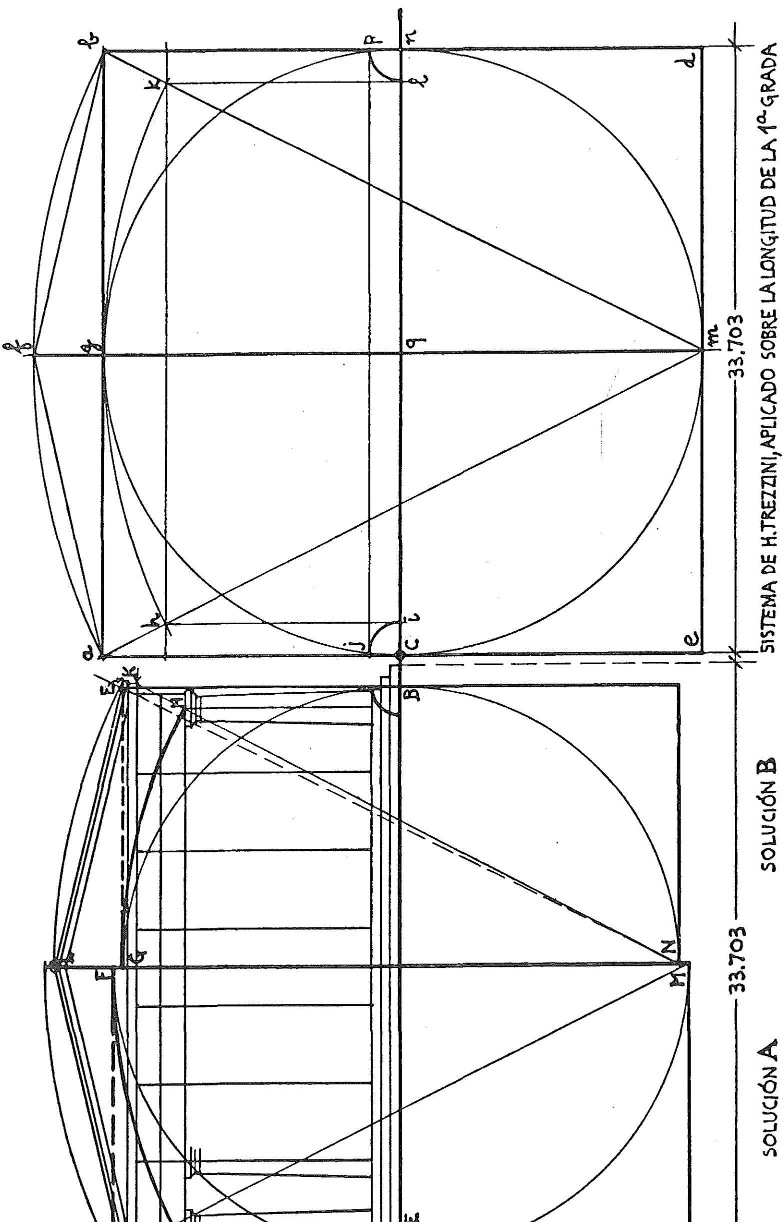

SISTEMA DE H.TREZZINI, APLICADO SOBRE LA LONGITUD DE LA 1ª GRADA
33.703
SOLUCIÓN A
SOLUCIÓN B
33.703

FIG. 13,2

tancia entre los puntos extremos de la cornisa inclinada del frontón; la recta *DF*, lado superior del cuadrado, se aleja mucho del remate de la cornisa horizontal, con el que debería coincidir. En cambio se consiguen dos aproximaciones: el cuadrante de radio *AJ* señala el eje *E* de la columna de ángulo en su base, y el arco *FI* se acerca en el punto *I* al extremo superior del ábaco de dicha columna. Lo conseguido es poco exacto, y además el trazado deja de ser automático, con lo cual pierde interés.

La Solución *B* se funda en el frontón. El arco *LE* es la base del trazado, que determina la horizontal *GE*, nivel de la cima de la cornisa inclinada, así como *N*, centro del arco; *GN* es la altura del cuadrado. La recta que une el punto *N* con el vértice superior derecho del cuadrado no produce ningún punto interesante, pero la recta *NHK* determina el punto *H* en función del punto *K*, o recíprocamente, supuesto conocido uno de los dos; en todo caso, *H* es el eje del capitel de la columna de ángulo. El cuadrante de centro *B* no puede obtenerse como consecuencia del trazado. Este trazado tampoco es automático.

CAPITULO 14

SISTEMA DE D. R. HAY

En una importante obra publicada en 1851 [48], expone este autor la teoría de que lo agradable a la vista no es la relación sencilla entre las medidas de los lados de los rectángulos que forman el esquema de la composición, sino la dirección de sus diagonales; es decir, el ángulo que forman éstas con los lados. Sostiene que este ángulo debe tener con el ángulo recto la relación sencilla que otros autores buscan en las medidas lineales.

Por tanto, los ángulos válidos son la mitad del ángulo recto, la tercera parte, la cuarta, la quinta, y así sucesivamente; son, por tanto, los ángulos de 45°, 30°, 22,5°, 18°, etc.

Explica Hay las bases de su teoría como sigue: "He aquí las hipótesis en que se apoya este sistema: Propone en primer lugar que el ojo está influenciado, en su apreciación de los espacios, por una sencillez de proporciones semejante a la que guía al oído cuando éste aprecia los sonidos. Establece en segundo lugar que el ojo es guiado, en su estimación, más por la dirección que por la distancia, del mismo modo que el oído es guiado más por el número que por la intensidad de las vibraciones" [49]. "Una figura agrada al ojo si sus ángulos fundamentales tienen entre ellos las mismas proporciones que las vibraciones tienen entre ellas en el acorde ordinario o perfecto en música" [50]. "Los espacios estéticamente divididos en la visión son los ángulos, y no las líneas" [51].

Aplica esta teoría al Partenón (Fig. 14,1), aunque haciendo constar que no se conocen sus medidas exactas, y que por consiguiente sólo busca una aproximación; en efecto, la consigue parcialmente, como puede observarse en la proporción de la columna. La encuadra en un rectángulo cuya diagonal forma un ángulo de la novena parte del ángulo recto, o sea 10°, respecto de la vertical; resulta un rectángulo de proporción 1/0,1763 (casi idéntico al de proporción 3/17 = 0,1764), que para la altura 10,433 m. de la columna, determina un diámetro en la base de 1,839 m.; el diámetro verdadero según Balanos es 1,886 m., de modo que el error es 47 milímetros.

Los errores son grandes para el conjunto de la fachada. Determina la proporción mediante el ángulo de un cuarto de ángulo recto, 22° 30', para la altura total del Orden, y el de un quinto, 18°, para la altura de las columnas; puesto que se conocen las alturas, es posible determinar la anchura que Hay deja sin definir claramente. Resultan dos anchos diferentes, uno para cada ángulo, y ambos son excesivos para el cuerpo de columnas, en el que opera Hay exclusivamente sin contar con las gradas; los anchos respectivos que se obtienen son 33,148 m. y 32,111 m., pero en la realidad el cuerpo de columnas mide 30,730 m. Diferencia tan grande se repite cuando este autor determina el intercolumnio normal mediante un rectángulo cuya diagonal forma un ángulo de un sexto, 15°, que para la altura de la columna 10,433 m. produce un ancho de 2,795 m.; sumada esta medida al diámetro 1,839 m. obtenido por el mismo Hay,

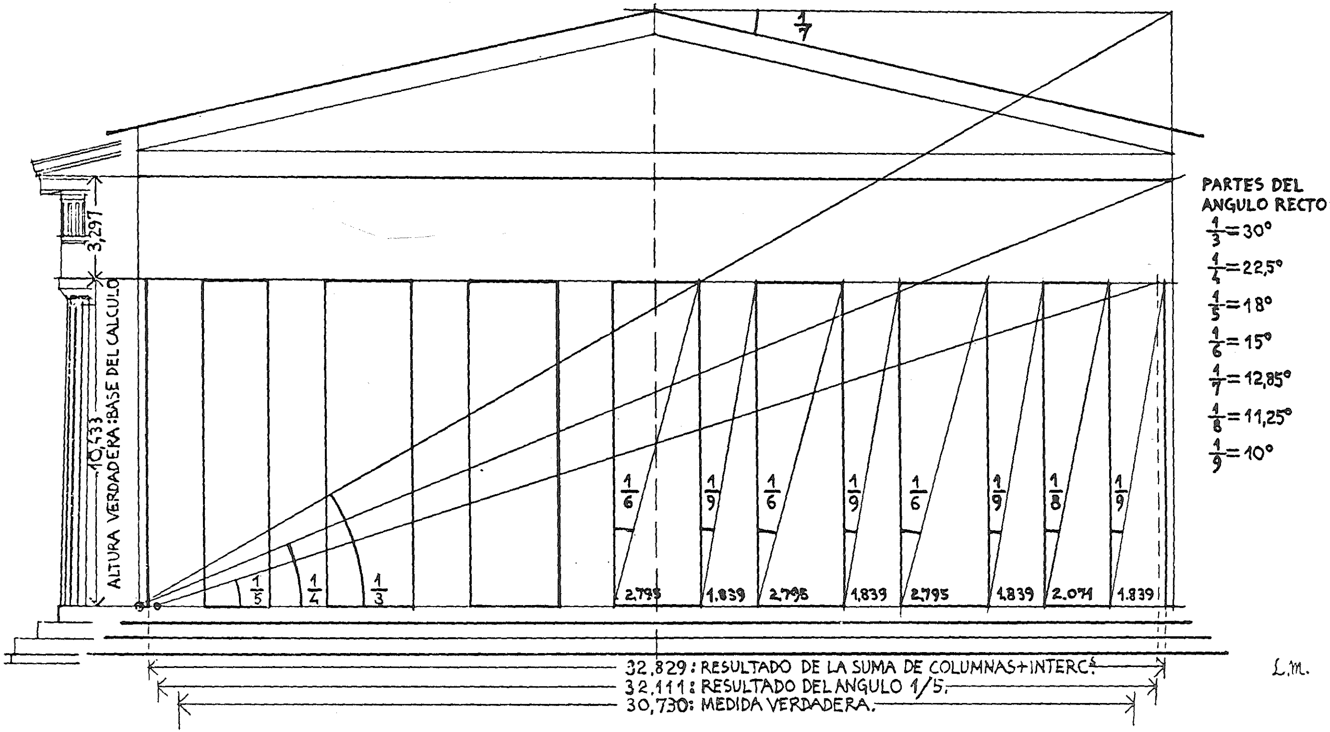

1/7
PARTES DEL ANGULO RECTO:
1/3 = 30°
1/4 = 22,5°
1/5 = 18°
1/6 = 15°
1/7 = 12,85°
1/8 = 11,25°
1/9 = 10°
3,297
10,433
ALTURA VERDADERA: BASE DEL CALCULO
1/5
1/4
1/3
1/6
1/9
1/6
1/9
1/6
1/9
1/8
1/9
2,795
1,839
2,798
1,839
2,795
1,839
2,074
1,839
32,829: RESULTADO DE LA SUMA DE COLUMNAS+INTERC.s
32,111: RESULTADO DEL ANGULO 1/5.
30,730: MEDIDA VERDADERA.
L.M.

FIG. 14,1

se obtiene 4,634 m. como entre-eje normal, que excede en 0,339 m. al de 4,295 m., que se observa como término medio en las medidas de Balanos.

Los errores son mayores en el entablamento, tal como se observa en la figura dibujada por Hay; conviene, sin embargo, hacer notar que si el ángulo de un cuarto hubiese determinado la altura total de dicho entablamento, en vez de solamente el arquitrabe más el friso como indica este autor, el error hubiera sido muy pequeño.

La figura expone el sistema de Hay, completado con los datos que proporciona su propio texto y con las medidas reales del ancho del cuerpo de columnas y de la altura de éstas. Se puede observar que los errores son excesivos, de modo que el sistema no puede aceptarse en este caso del Partenón.

CAPITULO 15

LA ANALOGIA COMO BASE DE LA UNIDAD, SEGUN THIERSCH

En el ya antiguo y famoso *Handbuch der Architektur* se dedica a las proporciones en la arquitectura la segunda Sección del tomo titulado *Composición Arquitectónica.* El autor de esta Sección es August Thiersch [52], quien repasa muy ligeramente algunas teorías anteriores en un breve prólogo, que termina con estas palabras: "Esta íntima dependencia de cada elemento respecto del conjunto es observada especialmente en las obras de la arquitectura clásica, y de ella depende su apariencia unitaria y armónica".

El objeto de su investigación ya lo ha dejado escrito en el subtítulo de su trabajo: *Una investigación para reconstituir la teoría de la analogía.* Entiende esta analogía como una repetición a distintas escalas de la proporción básica del edificio, la cual ha de aparecer tanto en el conjunto como en cada uno de sus elementos.

Aplica el sistema a varios templos dóricos, y entre ellos al Partenón; busca la analogía en tres puntos diferentes. En el primero, la analogía se establece entre la sección vertical del peristilo, la del friso más la cornisa, y la de ésta última; la aplicación es ingeniosa, pero muy forzada y poco adecuada a las dimensiones reales (es la figura 12 de Thiersch).

En el segundo punto se acerca más a la realidad del templo (Fig. 15,1); el trazado empieza con las rectas *AE* y *BF*, en las que están situados los puntos *G* y *H*, con buena aproximación, pero no sucede lo mismo con *I* y *J*, donde el error es grande. Otro trazado empieza con las rectas *DG* y *CH*, cuyas prolongaciones concurren en el eje del templo, punto *N;* unido este punto con *A* y con *B* deberían quedar determinados los ángulos superiores de los ábacos de las columnas exteriores del pronaos, puntos *K* y *L*, pero no sucede así (la posición de los puntos *I* y *K* que indica Thiersch está en el detalle que acompaña a la figura adjunta, la cual es una rectificación de la figura 16 de este autor, en vista de las medidas de Balanos).

La recta *MC* determina en *M'* la altura *M'H* de los orthostatos, con buena aproximación.

El tercer punto (figura 18 de Thiersch) es una explicación muy interesante de una proposición de Filopappo aplicada al Partenón (Fig. 11,1); consiste en la igualdad del elemento sustentante, la columna, con el sustentado, el entablamento, vistos ambos en su proyección sobre un plano vertical. Esta igualdad se verifica, según Thiersch, en templos arcaicos como el de Poseidón en Pestum.

Aplicada al Partenón no se verifica esta igualdad, pues lo sustentado es el rectángulo *BCDE*, que mide 14,1589 m^2, y lo sustentante, o sea la columna, 18,14 m^2, aproximadamente; efectuando el trazado que indica este autor, se prolonga la recta *GE* hasta *A*, y bajando desde *A* la vertical hasta *I*, se obtiene el rectángulo *FEHI*, cuya superficie 14,1575 m^2 es casi igual al antes mencionado *BCDE*. En un templo arcaico ésta debería ser la superficie proyectada por la columna, pero en el Partenón ya se ha visto que no lo es; Thiersch resuelve el problema diciendo que un pilar prismático de proyección *FEHI* tendría aproximadamente el mismo volu-

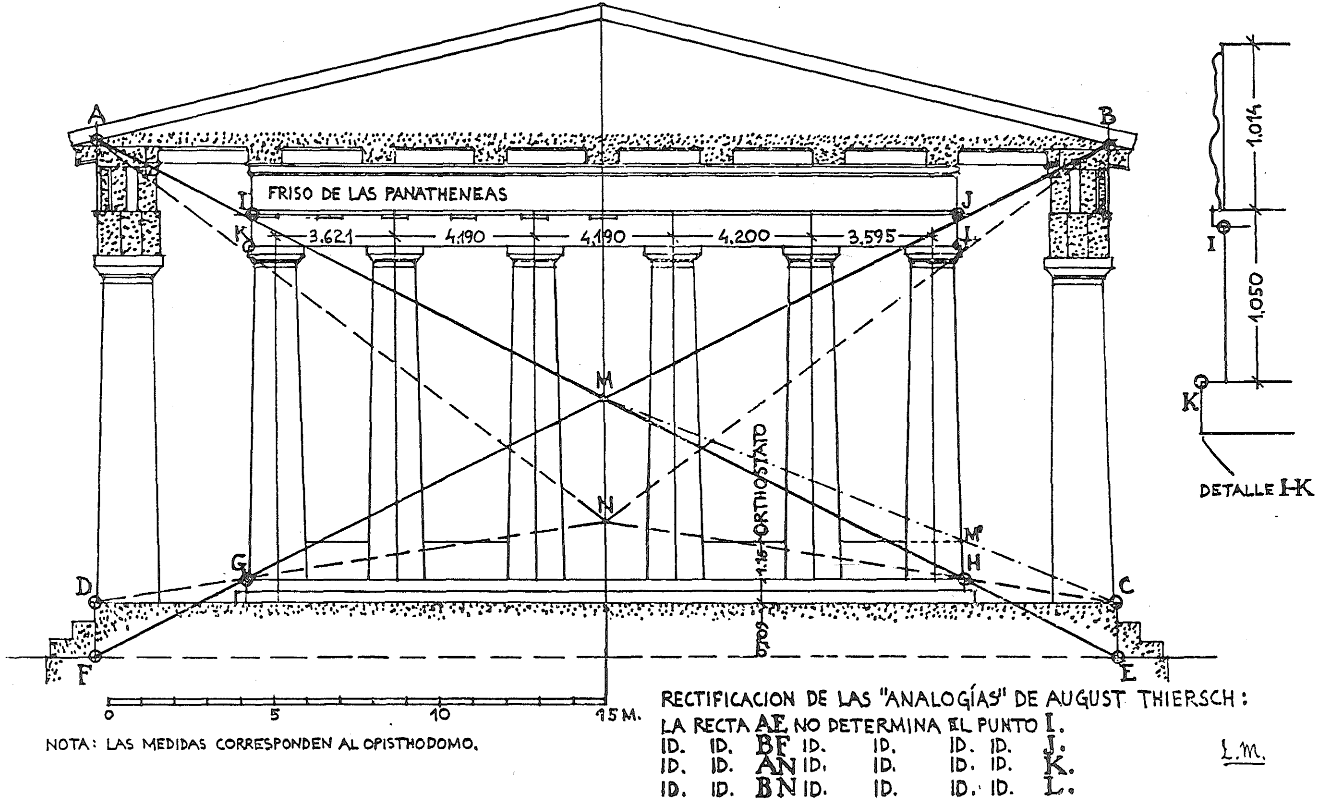

FRISO DE LAS PANATHENEAS
3.621
4.190
4.190
4.200
3.595
ORTHOSTATO
1.16
0.709
1.014
1.050
DETALLE I-K
0
5
10
15 M.
NOTA: LAS MEDIDAS CORRESPONDEN AL OPISTHODOMO.
RECTIFICACION DE LAS "ANALOGÍAS" DE AUGUST THIERSCH:
LA RECTA AE NO DETERMINA EL PUNTO I.
ID. ID. BF ID. ID. ID. ID. J.
ID. ID. AN ID. ID. ID. ID. K.
ID. ID. BN ID. ID. ID. ID. L.
L.M.

FIG. 15,1

men que la columna del Partenón, de modo que la proporción de Filopappo referente al plano se aplica ahora al volumen.

Una coincidencia curiosa que no menciona Thiersch es que el punto *A*, antes mencionado, determina la medida *AB*, 1,357 m., que excede sólo en siete milímetros la altura 1,350 m. del arquitrabe.

Finalmente, y también fuera del texto de este autor, la figura adjunta permite, mediante sus cotas medias obtenidas de Balanos, establecer unas relaciones sencillas entre las alturas y el entre-eje; son éstas, con gran aproximación, las siguientes:

Altura de la columna/Entre-eje = 17/7.
Altura del Orden (columna + entablamento)/Entre-eje = 16/5.
Altura total (basamento + Orden)/Entre-eje = 25/7.

CAPITULO 16

EL INTENTO DE VULGARIZACION DE SPELTZ

La obra de Alexander Speltz sobre las formas y proporciones de las columnas en las arquitecturas egipcia, griega y romana [53], publicada sin fecha, pero hacia 1900 a juzgar por los fines de aplicación práctica que persigue, expone numerosos datos sobre las medidas de estas columnas; en realidad, trata de los Ordenes completos.

Los datos proceden de dos fuentes: los edificios existentes y los sistemas de los tratadistas. En el caso de la arquitectura griega, presenta en un cuadro las medidas exactas del Orden dórico, tal como se conocían en la época, de catorce templos; entre ellos, el Partenón. Con estas medidas establece un sistema general y único de proporciones para este Orden, semejante al que propone para los otros Ordenes, tanto griegos como romanos y renacentistas.

El resultado es un híbrido, que más que al Partenón se aproxima al templo llamado de Teseo, por lo cual no puede tomarse en consideración en este estudio. El trabajo de Speltz, aun siendo importante, se reduce en sus conclusiones a un manual para uso de "arquitectos, ingenieros, técnicos, obreros, escultores, dibujantes, etc.", como dice el subtítulo de la obra; su utilidad debió ser grande en la época del eclecticismo, pero no sirve para conocer el sentido profundo de los edificios singulares, tales como el Partenón y algunos romanos y del Renacimiento.

El intento de vulgarización de Speltz no fue el único publicado desde mediados de siglo pasado hasta los principio de éste, pues en muchos Manuales de arquitectura y construcción aparece el Orden dórico del Partenón sistematizado para su aplicación práctica; el libro que aquí se comenta parece el más importante de todos los usuales, y como todos, fracasa en su aplicación. Este fracaso puede explicarse por las palabras de Paul Valéry en una carta a Matila C. Ghynka [54]: "La tendencia del espíritu es concebir las formas, las relaciones, la dependencia de las partes, sin considerar la materia ni la dimensión". "La geometría pura vive de esta ignorancia. No se preocupa de las unidades de medida y se declara *verdadera* a cualquier escala". Más adelante hace notar "la particularidad de la producción de las obras de arte, de las que cada una es una solución singular de un problema que no se reproducirá jamás exactamente".

CAPITULO 17

ZEYSING, MÖSSEL, M. C. GHYKA Y NEUFERT

Matila C. Ghyka propone en sus numerosas obras el estudio de la *sectio aurea* como elemento ordenador de la naturaleza y del arte. En tan extenso trabajo menciona pocas veces el Partenón, y cuando lo hace se refiere a estudios de otros autores. Así, en la primera parte de *Le Nombre d'Or*, mencionada en la nota 54, incluye la fachada del Partenón con el trazado de Hambidge (Pl. XXVI), y un esquema de la relación entre la ordenación de las columnas de esta fachada y la gama pitagórica, según Georgiades (Pl. XXXVI). Esta relación es muy complicada, pero posible, tal como la expone su autor; sin embargo, el dato inicial, la longitud del estilobato, o si se quiere, del cuerpo de columnas, es en realidad mayor en 20 ó 7 centímetros, respectivamente, que la medida 30,670 m. que figura en el esquema. No es este un defecto grave, pero sí lo es la dificultad de aplicar la gama al proyecto; más bien es un sistema de comprobación, semejante a otros que se han expuesto antes.

En la *Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts* [55] publica los datos de Banister-Fletcher sobre las curvaturas y las inclinaciones de las columnas en su figura 81, la descomposición en cuadrados y rectángulos $\sqrt{5}$ de la planta y del alzado según el ya explicado sistema de Hambidge en la figura 86, y el trazado regulador para el alzado que propone el Dr. Caskey (Pl. 63) en su Introducción a la obra mencionada de Hambidge. Estos trazados los repite en su *The Geometry of Art and Life* [56].

Todo ello es conocido; también lo es el esquema de Zeysing que publica en su figura 10. Este autor es, según cree Ghyka, "el primero en observar la *sectio aurea* como modelo en la fachada del Partenón"; sin embargo, al comprobar las relaciones de Zeysing mediante las medidas de Balanos, se encuentran diferencias importantes entre aquellas y estas. Estas diferencias se exponen en la adjunta figura 17,1, resultado del cálculo efectuado sobre la hipótesis de Zeysing y sobre la realidad. Si la hipótesis $\varnothing = AD/DB = BC/AB$ se aplica a las medidas verdaderas, a partir de las horizontales AA′ y BB′, se obtienen los niveles D y C que no coinciden con niveles señalados en la realidad; si por el contrario, se aceptan éstos, se obtienen $A'D'/D'B' = 1{,}293$ y $B'C'/A'B' = 1{,}597$, relaciones ambas muy alejadas del valor $\varnothing$.

Ernst Neufert publica en su conocido *Arte de proyectar en arquitectura* [57] dos trazados procedentes de Mössel, el primero para el entablamento de "un templo dórico", y el segundo para la planta de "un templo griego". El autor no afirma que estos trazados sean aplicables al Partenón, aunque el primero se acerca a la realidad de este templo en algunas relaciones.

El mismo Neufert, en su *Industrialización de las construcciones* [58], incluye otro trazado de Mössel; en este caso lo refiere explícitamente al

Partenón, pero ni en la planta ni en el alzado se obtienen mejores aproximaciones que en los sistemas de otros autores; por ejemplo, en el de Zeysing antes citado. Mössel supone que la longitud del estilobato es la anchura multiplicada por $\sqrt{5} = 2{,}236$; resulta ser 69,025 m. para la anchura conocida de 30,870 m. La diferencia respecto a la longitud real (69,515 m.) es 0,490 m., lo que es un error excesivo.

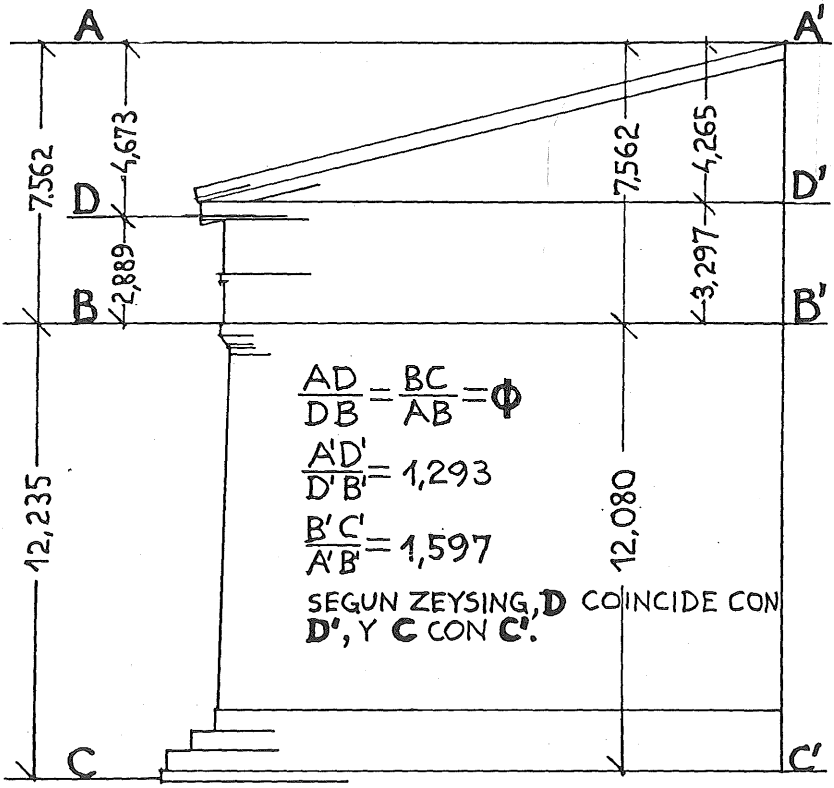


FIG. 17,1

En cuanto al alzado, Mössel supone que la altura total es la parte mayor que resulta de la división del estilobato según la *sectio aurea*. En realidad, la altura total es 19,642 m., aunque han de repetirse las dudas expresadas sobre la altura exacta del frontón; a esta medida correspondería, calculando según esta hipótesis, una longitud total de 31,780 m. para el estilobato, la cual excede en 0,910 m. de la medida verdadera.

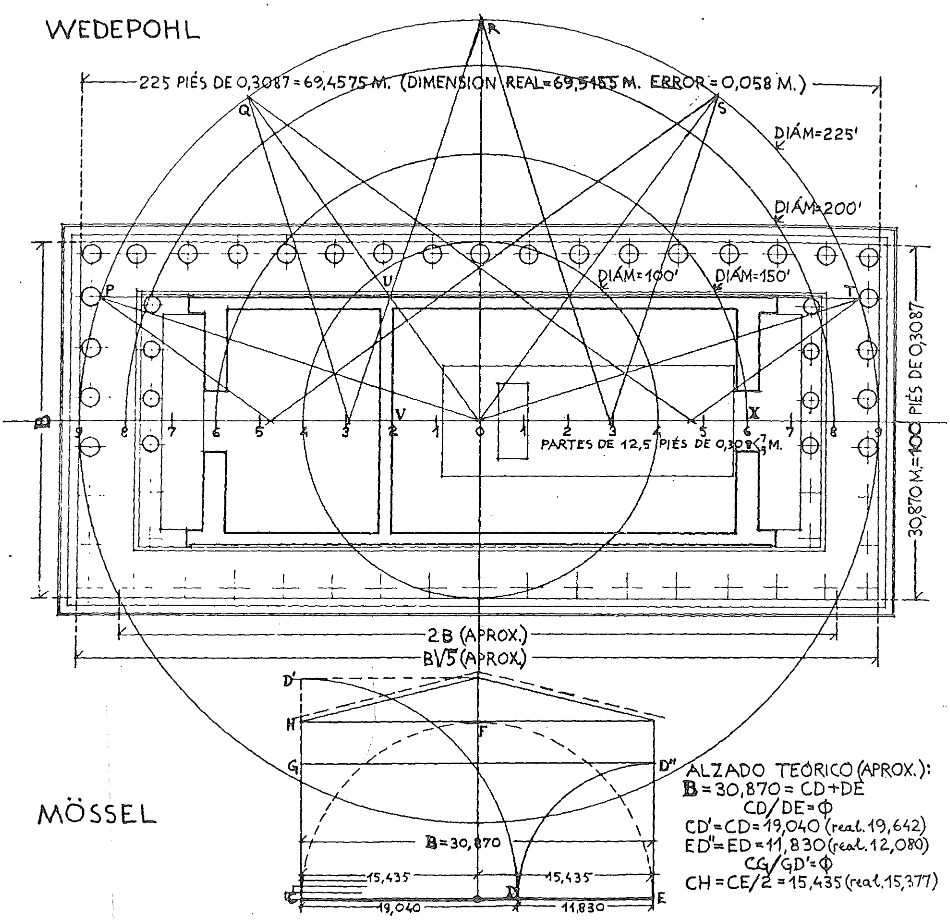


FIG. 17,2

La parte menor de la división del estilobato, aceptando la medida de Mössel para su longitud total, sería de 12,138 m., superior en 0,058 m. a la altura real de 12,080 m., suma de las tres gradas y las columnas, con la flecha de la curvatura incluida.

En conclusión, el sistema de Mössel es muy ingenioso, tanto en la planta como en el alzado, aunque poco exacto. En la figura 17,2, mitad inferior, se representa la planta y el alzado del Partenón con los trazados de este autor. En el alzado se ha efectuado la comprobación de las diferencias entre la hipótesis de Mössel y la realidad, pero partiendo esta vez de la verdadera anchura del estilobato, 30,870 m., y de su división según la *sectio aurea*.

CAPITULO 18

LA ESTRELLA DE DIEZ PUNTAS EN LA "EUMETRIA" DE WEDEPHOL

El Capítulo VIII de esta importante obra [59] está dedicado a establecer un paralelo entre las iglesias barrocas y los templos antiguos, estudiado mediante sus trazados. "Steinhausen und Parthenon" es el lema del Capítulo; en sus figuras 8 y 9 aparecen las estrellas de diez puntas superpuestas a las plantas del conocido Santuario (Wurtemberg), obra de Dominikus Zimmermann (1727-1733), y del Partenón. Es notable la aplicación de la figura geométrica, con gran semejanza en su adaptación a ambos casos, si bien en ellos son pocos los elementos de la estrella que se aprovechan para el trazado de las plantas (Fig. 17,2, mitad superior); debe recordarse que esta figura geométrica ha sido empleada por muchos estudiosos de la arquitectura griega con relativo éxito.

El texto del autor sobre el Partenón es más importante que la figura del decágono estrellado, por su modo de plantear la cuestión de las medidas: "En el Partenón fue elegida como anchura la longitud del Hekatompedon, 100 pies = 1 Plethron. Con ella fue formado un doble cuadrado, 100 × 200 pies, cuya diagonal según el teorema de Pitágoras es aproximadamente 224 pies, con una tolerancia de 1/2 %. Con la mayor tolerancia de 1 + 1/3 % se puede acercar la proporción entre las medidas a 100/200/225 = 4/8/9. Esto representa que 4/8 = 1/2 es el intervalo musical de la octava, y que 8/9 es el tono completo. La proporción 9/4 es una aproximación al valor del irracional $\sqrt{5} = 2{,}236$".

Se observa que el autor propone solamente una aproximación numérica en las dimensiones, semejante a la conseguida mediante el polígono estrellado. En este último tienen importancia los vértices P y T, pues la recta que los une determina aproximadamente el paramento exterior del muro del santuario, y el punto U, cruce de dos rectas de la estrella con PT, indica la posición del muro que separa los naos del opisthodomo. Los restantes vértices y cruces de rectas no determinan ningún elemento de la planta. Tampoco hace uso el autor de las numerosas relaciones derivadas de Ø que aparecen en la estrella de diez puntas.

En cuanto a las circunferencias de diámetros 100, 150, 200 y 225 pies, es de notar que la primera y la última tienen como diámetro el ancho y el largo del estilobato, pero no determinan ningún otro elemento de la planta; sólo la de 225 pies tiene importancia porque con ella se traza la estrella de diez puntas.

La circunferencia de 150 pies señala aproximadamente el eje de los dos gruesos muros transversales en los que se abren las grandes puertas, pero no define ningún otro elemento; la de 200 pies no define nada, según las medidas de Balanos, pero Wedepohl, por haber utilizado medidas erróneas, hace que los vértices de la plataforma interior en la que se levantan el pronaos, la naos, el opisthodomo y su pórtico, sean puntos de dicha circunferencia.

Respecto del alzado, Wedepohl no dibuja el trazado, pero lo indica en el texto; puede ilustrarse exactamente con el trazado de Mössel, que se representa en la mitad inferior de la figura adjunta (Fig. 17,2). El sistema de Wedepohl, como puede apreciarse, no pretende acercarse a la exactitud que exige la realización de una obra de arquitectura. Por el conjunto del texto se deduce que sus trazados tienen carácter simbólico, de modo que indican simplemente la posición de algunos elementos fundamentales de acuerdo, principalmente, con las normas supuestas de la música pitagórica; especialmente lo hace así en este caso del Partenón. Por ejemplo, los 100 pies del estilobato los descubre también en la naos, pero han de medirse entre el paramento interior del muro del fondo y el eje aproximado del muro de la puerta, o sea entre V y X, puntos heterogéneos.

La medida del pie que considera auténtica es 0,3087 m.; con este pie no puede medirse, por ejemplo, la altura del entablamento, que es 1,350 + 1,350 (recortado en varios triglifos, pierde 3 milímetros y mide 1,347) + 0,600 = 3,300 m. (3,297 m. donde hay recortes). El pie adecuado para medir las tres partes del entablamento es de 0,300 m., demasiado pequeño para medir el estilobato de 100 pies; la unidad de medida tiene para Wedepohl un carácter simbólico más que práctico, si se trata de la realización material de la obra.

CAPITULO 19

ORIGEN ESTELAR DE OLIMPIA

La obra de Hans Plessner que lleva este título [60] tiene como subtítulo *El origen de la medida sagrada.* La estrella a que se refiere es la derivada del exágono, y en los trazados que emplea el autor aparecen toda clase de figuras relacionadas con aquél, a las que añade el cuadrado. El sistema, por tanto, se parece en su aplicación a otros mencionados en estas líneas.

Su intención queda expresada en estas palabras de la Introducción: "El origen y el sentido más profundo de la *Symmetria* —arte de la relación entre medidas— es religioso, y al principio no tenía significado estético. Sólo en manos de los griegos creció, para convertirse en un instrumento de los artistas, para garantizar la armonía total, y hacer de ésta como una expresión de lo eterno".

Siguiendo el texto, se observa que el autor encuentra la perfección de esta armonía, equilibrada entre el sentido místico, oculto, y su manifestación como arte, en Olimpia; la descubre tanto como organización del conjunto del Santuario, como en el trazado de los dos edificios principales, los templos de Hera y de Zeus.

En la Acrópolis de Atenas todavía descubre algo parecido, y hasta en la fachada del Partenón, pero la decadencia le parece ya inminente. El autor encuentra la expresión de esta caída en unas palabras de Platón, que cita sin indicar la obra de que proceden: "Si un artista cree que la belleza de un monumento está sometida al cumplimiento exacto de la *Symmetria,* se debe considerar que aquellas partes que están en lo alto aparecen más pequeñas, y las que están en lo bajo más grandes, de lo que es necesario para conseguir una perfecta armonía. El verdadero artista, por lo tanto, descuida las exigencias de una verdad severa (lo que significa el cumplimiento exacto de la *Symmetria),* adaptando el aspecto de su obra a irregularidades que en la apariencia dan satisfacción a las exigencias de la belleza, aunque en este caso la exigencia de verdad deba ser abandonada". Y su comentario es esta exclamación: "¡El origen de la estética es un signo infalible del principio de la decadencia de una civilización!"

De acuerdo con este ideario, los trazados de Plessner determinan las plantas de los conjuntos sagrados y los alzados de los templos de un modo visible y práctico, como otros trazados que se han expuesto en este trabajo, pero además poseen un carácter simbólico oculto procedente de antiguas tradiciones; así ocurre que no es lo mismo un punto obtenido mediante el sistema del cuadrado, símbolo de la Casa (templo), que el procedente del triángulo equilátero, símbolo de la Divinidad, o del dodecágono estrellado, que simboliza el Cosmos.

El trazado que aplica a la fachada del Partenón tiene como base el cuadrado, el exágono y las figuras derivadas de la extensión y la combinación de ambos. Como en el trazado que Caskey aplica a esta misma fachada, en su introducción a la obra citada de Hambidge, se determinan en éste muchos puntos del alzado; es notable que la fachada pueda ser explicada mediante trazados geométricos deducidos de dos sistemas tan distintos, y aun contradictorios, como son la *sectio aurea,* regida por el valor de $\varnothing$, y el triángulo equilátero, que depende de $\sqrt{3}$.

En ambos casos, los trazados no están comprobados numéricamente; únicamente dibujados sobre el alzado del templo a una escala pequeña en su reproducción.

Por otra parte, como ya se ha advertido en otros casos, los puntos del alzado que son señalados por el trazado no son homogéneos; tienen origen y valor distinto: por ejemplo, una recta que arranca del centro de la base del templo con un ángulo de 60° con la horizontal, determina por su cruce con otras un punto del borde visible del fuste de la tercera columna a partir del ángulo, y otro punto del eje del cuarto triglifo.

Se comprende que un trazado regulador, por muy secreto que sea, no puede ser útil si no señala elementos homogéneos, tales como ejes en un caso, o contornos en otros; cuando no ocurre esto, el trazado no pasa de ser un juego para comprobar lo hecho, pero no sirve para proyectarlo.

CAPITULO 20

TRAZADOS ESOTERICOS APLICADOS AL PARTENON

Los creyentes en la sabiduría secreta de los *antiguos* han dedicado sus principales esfuerzos al estudio de la Gran Pirámide, con preferencia a cualquier otra construcción; en aquélla han buscado la clave de la organización geométrica del universo, reflejada en las medidas y proporciones del gran monumento.

Sin embargo, en algunos de los libros dedicados a los secretos de la Pirámide aparecen menciones directas al Partenón, suponiendo que entre los griegos existían sectas de *iniciados* en los misterios matemáticos de Egipto y de Mesopotamia. El carácter esotérico de la secta pitagórica suele ser aducido como prueba de este aserto, y siguiendo en sus suposiciones dan como seguro que el autor del Partenón fue un *iniciado.*

a) Uno de los más conocidos creyentes en el esoterismo es Funck-Heller. En el prólogo de una de sus obras [61] explica los fines de sus investigaciones: "La necesidad de rodearse de certezas y de apoyarse en ellas se ha impuesto siempre al joven artista, que se encuentra, primero, con la infinita complejidad de los aspectos cambiantes de la naturaleza, y después, con el problema más arduo de ordenar una composición según un ritmo favorable a la expresión de su pensamiento". Los fines son muy sensatos, pero no lo son tanto los medios de que hace uso para alcanzarlos.

Las certezas que busca el autor están en los trazados secretos que sirven de base a los trazados visibles; por tanto, supone la existencia de dos géneros de composición: el verdadero, reservado a los *iniciados,* y el que se enseña a los otros, derivado de aquél por caminos secretos.

En la aplicación al Partenón del sistema descubierto en la Gran Pirámide explica la diferencia entre ambos géneros mediante un detalle: "Si el Partenón presenta en sus partes esenciales (suma del dintel y del radio de base de las columnas) diez codos (5,236 m.), el radio del círculo que dio a Ictinio el codo era un metro" [62].

Este párrafo necesita dos aclaraciones: la primera se refiere a la medida de los diez codos, que en efecto es la suma de un arquitrabe de 4,293 m. (hay varios alrededor de esta medida) y del radio indicado, que mide 0,943 m.; la segunda requiere explicar lo que Funck-Heller afirma haber descubierto en la Pirámide y en la Biblia. Consiste en que el codo es la longitud del arco de 30° de una circunferencia, o sea la longitud de ésta dividida por doce; puesto que el codo, según sus estudios, mide 0,5236 m., la longitud de la circunferencia es 0,5236 m. × 12 = = 6,2832 m., lo que determina un radio de un metro igual al vigente en la actualidad.

La hipótesis de Funck-Heller es que el sistema público de medidas se fundaba en el codo de 0,5236 m., el cual se deduce, como ha quedado expuesto, de la unidad hermética, el metro; con este último organizaban el sistema de proporciones secretas los *iniciados,* y de este sistema se deducían las proporciones aparentes que se expresaban en codos.

Otra coincidencia expone el autor: el codo de 0,5236 m. se divide en 28 dedos de 0,0187 m.; 33 dedos suman 0,6171 m., unidad muy importante empleada en la Gran Pirámide, según su opinión; 50 unidades de estas forman aproximadamente la longitud del estilobato, 30,855 m. (según Balanos es 30,870 m.).

De todo lo expuesto, mínima parte de la teoría, se deduce el carácter aventurado del sistema esotérico de Funck-Hellet, así como la enrevesada manera de aplicarlo al Partenón; no pueden, en efecto, considerarse como esenciales la longitud del arquitrabe y el radio de la columna en su base, considerados ambos aislados del conjunto de la composición, ni es significativa la medida en dedos, $33 \times 50 = 1{,}650$, de que hace uso en el estilobato.

En cuanto a la relación entre la unidad pública, el codo de 0,5236 m. y el metro actual, unidad secreta, la hipótesis de este autor es que los constructores de la Gran Pirámide conocieron no sólo nuestro metro, sino también el valor de π, cifrado en 3,1416; valor este al que se acercó Arquímedes (muerto en 212 a. de C.) varios miles de años después.

b) Entre los trazados esotéricos puede incluirse, aunque no lo sea en su intención, el que propone Otto Hertwig [63] para Pestum, y que aplica al Partenón al final de su obra. La base del sistema es el heptágono regular, los diversos ángulos que se obtienen uniendo sus vértices, y la circunferencia que circunscribe este polígono. La aplicación al Partenón se limita al estudio de la metopa y el triglifo, y a la planta; el primer estudio tiene un interés relativo, pues las metopas tienen anchos muy diferentes, y por tanto el trazado geométrico que abarca la metopa y el triglifo sólo será aplicable en algunas metopas.

En cuanto a la planta, el autor dedica el "Plan 7" a explicar "El desarrollo de la ordenación geométrica de la planta del Partenón". El proceso se explica mediante varias etapas, regidas por tres círculos fundamentales divididos en siete partes iguales, y por tres ángulos deducidos de estas siete divisiones. La acción conjunta de círculos y ángulos produce la planta, según aparece en la figura 6 del mencionado "Plan 7". Por desgracia, la escala es muy pequeña, y el trazado no está acompañado de una justificación numérica; la complicada trama de círculos y ángulos sólo determina algunos puntos, principalmente en el interior de la naos, pero no indica la situación de las columnas del pronaos y opisthodomo, ni los ejes de las columnatas del peristilo, ni otros puntos de la mayor importancia. Todo el trazado parece tener como objetivos situar la base de la imagen dentro de la naos, y ésta dentro del estilobato; no se consigue el segundo objetivo, pues se aprecia un error importante a la escala de la figura, aun siendo ésta muy pequeña.

O. Hertwig emplea también el pentágono, la *sectio aurea* y la relación 4/9; todo ello lo combina con el heptágono, tanto en el estudio de la llamada Basílica de Pestum, tema principal de su obra, como en el de la Gran Pirámide. Es de notar que en esta última hace uso del codo de 0,5235 m., que difiere una décima de milímetro del codo de Funck-Heller.

Ya se ha indicado que el sistema de Hertwig no supone la existencia de una secta hermética poseedora de sistemas secretos de proporción, pero la extremada complicación de sus métodos hace de éstos una geometría inaccesible para el artista e incluso para el geómetra aficionado; no sólo parece imposible que uno y otro pudieran emplearlos en el siglo VI antes de C., época de la obra de Pestum, o del siglo V, época del Partenón, sino que tampoco podrían hacer uso de ellos en la actualidad para la composición de una obra de arte. En todo caso, la utilidad del sistema se concreta, ahora, en la comprobación de lo que fue hecho mediante métodos desconocidos, o por teorías olvidadas o mal entendidas en la actualidad, como la de Vitruvio tantas veces mencionada en este trabajo.

c) En el estudio de las medidas de Balanos apareció de un modo natural una medida del codo del Partenón; en las líneas anteriores han sido presentadas otras dos, esotérica una y pública la otra, pero coincidentes, y ambas obtenidas de la Gran Pirámide. Con este mismo origen, A. Fournier des Corats [64], descubre dos medidas del codo real de 0,525 m. y del codo sagrado de 0,63565 m.; la relación entre ambos es 0,8259, aproximadamente como 5 es a 6.

d) Erik Iversen[65] menciona un codo pequeño de 0,450 m., dividido en 6 palmas de 0,075 m., y cada una de éstas en 4 dedos de 0,01875 m. El codo pequeño más una palma produce el codo real de 0,525 m., siendo la relación entre ambos como 6 es a 7. Hace constar que estas medidas proceden del famoso egiptólogo Lepsius, y que el no menos famoso Carter propone otras ligeramente diferentes: 0,44752 m. y 0,5231 m.; citando a Strabon y a otros autores griegos, dice que parece claro que estas medidas variaban según las diferentes ciudades.

El trabajo de Iversen es de la máxima seriedad; su objetividad hace muy importantes algunas aportaciones de datos referentes a la escultura egipcia, pero que podrían emplearse en un estudio de la arquitectura antigua en general, y especialmente en la del Partenón. Se refiere a la descripción del sistema egipcio de proporciones que hace Diodoro de Sicilia, quien en el primer libro de su ***Historia*** cuenta que dos escultores, Telecles y Teodoro, hicieron en colaboración una estatua de Apolo, estando uno de ellos en Samos y el otro en Efeso, y que esto fue posible porque trabajaron según el método egipcio; "cada uno hizo una parte, y ambas se ajustaron después tan perfectamente que parecían hechas por un solo hombre".

Supone este hecho la existencia previa de un sistema de proporciones y medidas, así como de la unidad básica, todo ello conocido por ambos; esto es justamente lo que parece necesario para construir un edificio como el Partenón, en el que muchos constructores han de colaborar aportando cada uno piezas muy grandes que han de ajustarse entre ellas con toda exactitud; si bien en este caso algunos retoques son necesarios, debido a las curvaturas y a las inclinaciones de columnas y paramentos; pero aun contando con estos retoques la dificultad no está resuelta, pues no se descubre en el Partenón ningún sistema parecido al sencillo método empleado en la escultura egipcia. Falta el nexo entre el método vitruviano, supuestamente realizado con su doble corrección en el Partenón, y un sencillo modo de concretar las dimensiones de cada pieza; este último no ha sido descubierto todavía, si es que existe.

e) Odilo Wolff, Benedictino de la Abadía de Emaus-Praga, publicó en 1932 la segunda edición de su *Tempelmasze,* donde estudia las proporciones de los templos griegos y romanos, egipcios, cristianos basilicales y románicos, para terminar con el de Jerusalén. Todas las proporciones son deducidas del hexagrama, que considera como "ley de las medidas en el Arte" [66].

No es objeto de este trabajo el estudio del sistema de Wolff ni la exposición de los motivos que le conducen a pensar que en el hexagrama está el "secreto de los antiguos sistemas de proporción, ahora perdidos". Lo que interesa aquí es su aplicación al Partenón, que incluye con el número siete entre los veintiséis templos clásicos que estudia.

Las medidas que adopta no pueden ser las auténticas de Balanos, publicadas en 1936, sino las más antiguas de Michaelis, Dörpfeld y Penrose; difieren poco de las auténticas para los efectos de este estudio. La anchura que Wolff considera para el estilobato es 30,86 m. y para la longitud 69,52 m., según los tres autores citados. Ambas medidas pueden estimarse exactas, por diferir muy poco de los números de Balanos.

Según Wolff, la medida 30,86 m. es aproximadamente la de 100 pies del antiguo Hecatonpedon (un pie = 0,3089 m.) y la otra medida, 69,52 metros, es 225 pies de 0,3089 m., de lo cual resulta la conocida proporción de 9/4, no exacta según las medidas actuales. Un problema grande se presenta al estudiar el hexagrama, pues la longitud que se deduce de éste es 71,36 m., que excede en 1,84 m. a la medida verdadera de 69,52 m. Wolff resuelve la cuestión suponiendo que la medida prevista era la del hexagrama, pero que hubo de ser reducida al organizar el ritmo de columnas e intercolumnios, así como el de triglifos y metopas de las fachadas laterales, de acuerdo con lo hecho en las fachadas principales.

Al final se exponen en un cuadro las medidas reales de las distintas partes del templo comparadas con las obtenidas del hexagrama. Aparte de la importante diferencia ya señalada en la longitud del estilobato, sólo hay otra diferencia que merece ser señalada, y es la de siete centímetros en más sobre la altura real de la columna. Este cuadro se refiere solamente a cinco medidas de la planta y cuatro del alzado; en la representación gráfica aparecen en dos dibujos distintos la planta y el trazado geométrico, de modo que no es posible comprobar hasta donde llega la capacidad del hexagrama para definir la planta.

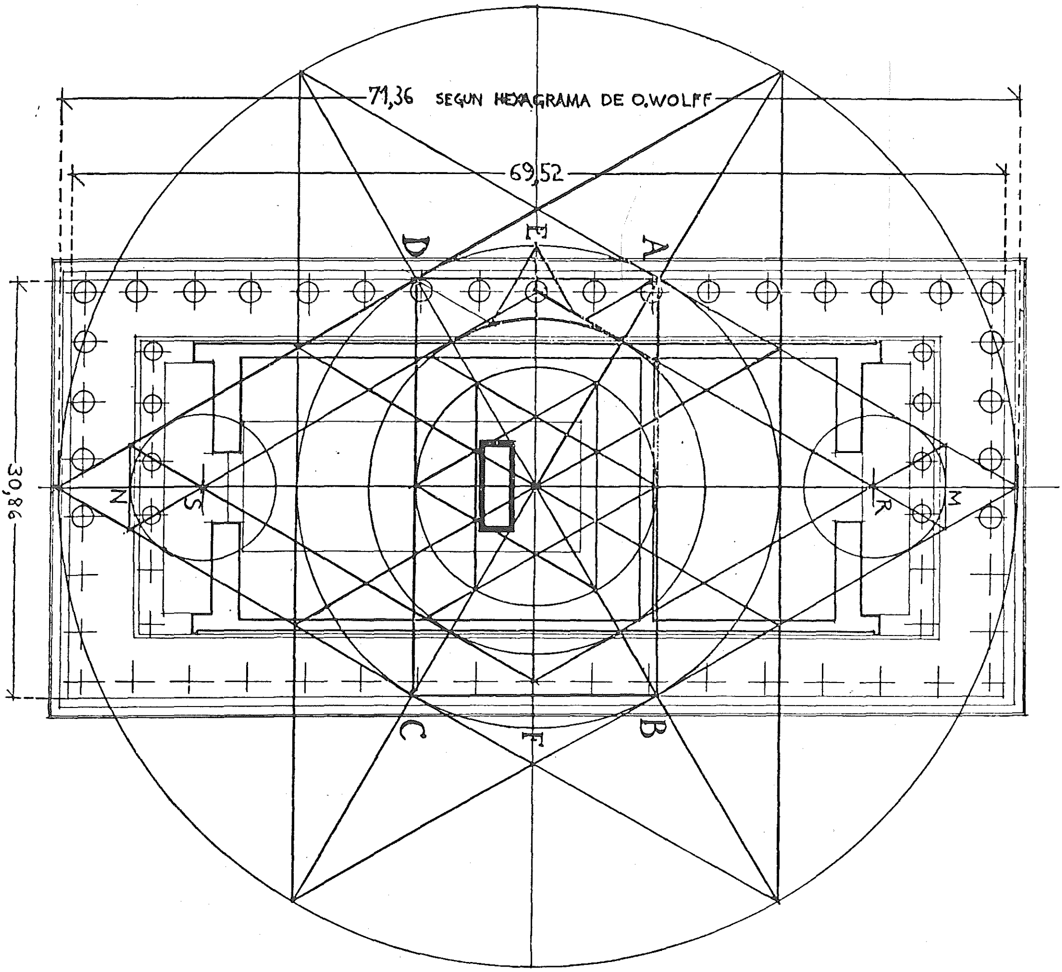


Fig. 20,1

En la figura 20,1 se ha estudiado este problema, trazando la figura de Wolff sobre la planta. La traza se funda en la anchura AB = 30,86 m. del estilobato, aplicada al rectángulo ABCD situado en el centro de la planta; la medida AD queda determinada por los radios que parten del centro formando ángulos de 60° con el eje del templo. El resto de la figura se deduce de este rectángulo, y presenta importantes diferencias con la planta verdadera, además de la señalada por el propio Wolff en la longitud del estilobato; en efecto, los puntos N y S deberían definir la posición del pronaos, y sus simétricos M y R la del pórtico del opistodomo. La recta AB tampoco determina el muro de fondo de éste, y su simétrica CD no tiene ningún significado. La base de la estatua no ocupa una posición clara dentro del trazado.

En consecuencia, el sistema del hexagrama no define la planta del Partenón; tampoco determina el alzado, a pesar de la complicada trama que aplica el autor. Tanto en la planta como en el alzado el trazado tiene como elemento fundamental el círculo de diámetro EF = 35,68 m., circunscrito al mencionado rectángulo ABCD. La coordinación de los trazados de planta y alzado mediante este círculo único es un intento importante en la busca de un sistema apto para definir la composición total del templo, lo que no hacen los autores que emplean trazados independientes para la planta y para el alzado. Por esta razón, y por la seriedad del trabajo de Wolff, aplicado con éxito a otros edificios, merece la atención que aquí se le dedica, aunque haya fracasado en gran parte al emplearlo en el Partenón.

f) Théo Koelliker, en *Symbolisme et Nombre d'Or*, no se refiere al Partenón, pero la obra debe ser citada en estas páginas porque en ella explica el esoterismo antiguo y moderno en toda su amplitud y profundidad, aunque con las reservas propias de un creyente en esta materia: "Hay que recordar que nos encontramos en el dominio del *Simbolismo*, aquel donde la experiencia es interior, y por tanto, *incomunicable*. No hay, por tanto, ninguna posibilidad de transmitir la certeza de la Verdad a otro" [67].

Esta actitud del autor, y la gran cantidad de datos que proporciona unidos a su valoración *mística,* hacen de la obra una explicación de los esoterismos de los otros autores citados, y de otros muchos; si bien las valoraciones *místicas* difieren profundamente en los diferentes sistemas.

Puesto que el subtítulo del libro es *El rectángulo del Génesis y la pirámide de Kheops,* debe mencionarse como dato importante que el autor adapta como medida del codo real egipcio, 0,524 m., lo que es útil para la comparación con otros codos que han aparecido en el presente trabajo.

CAPITULO 21

EL PARTENON EN LA OBRA DE KARL F. WIENINGER

Los *Fundamentos de la Teoría de la Arquitectura* [68] están, para el autor, en la arquitectura griega dórica; el formidable estudio se dirige hacia los templos de este tipo desde numerosos puntos de partida: el pitagorismo como matemática y como filosofía, Platón y los neoplatónicos, la música, la fisiología de la visión, la matemática alejandrina y la de China, Vitruvio, Alberti, otras y variadas fuentes documentales, y el estudio de los monumentos, egipcios algunos; finalmente, los veinticuatro templos griegos dóricos que proporcionan los datos para formular una teoría previa y sirven después como comprobación de la misma.

Entre estos veinticuatro templos figura el Partenón, estudiado detalladamente como todos los demás; por desgracia, las medidas proceden de Penrose, Collignon y otras fuentes anteriores a la medición más precisa de Balanos. Debido a ello, el estilobato, por ejemplo, aparece con la proporción 4/9, que es sólo una aproximación; su lado corto, según Penrose, es 30,889 m.

El sistema de Wieninger es modular, pero diferente en su definición del módulo al de Vitruvio, aunque se fundan ambos en la medida de la anchura de la fachada. En los templos estudiados se ha dividido esta medida en 10 partes o módulos para el primer grupo de templos que establece Wieninger, en 11 para el segundo, en 12 para el tercero, en 13 para el cuarto y en 14,5 para el Partenón, que encabeza el quinto grupo. Por tanto, el módulo para este templo es 2,130 m. = 30,889/14,5. Este módulo debe ser el doble de la distancia del eje de la columna al borde del estilobato; por tanto, esta distancia debería ser 1,065 m., pero según Balanos es 1,019 m., como valor medio.

El módulo es diferente en su aplicación a distintos elementos de la construcción: por ejemplo, la columna tiene una altura variable entre 10,40 m. y 10,4409 m., según los varios autores, y según las columnas que hayan medido, y esta altura es de 5 módulos, variables entre 2,08 m. y 2,0882.

Estas diferencias, y otras muchas que aparecen en el completo examen del templo, se resuelven mediante la aplicación de las propiedades de la visión que deforma las proporciones y las líneas, convirtiendo las rectas en curvas y éstas en aquéllas; todo esto depende de la distancia y de la posición del observador, como es sabido. Wieninger profundiza en esta cuestión mediante un estudio de las condiciones subjetivas del espectador, valiéndose incluso de los defectos visuales producidos por heridas de guerra para delimitar las funciones de cada parte del aparato óptico, desde el ojo hasta el cerebro.

No es posible exponer brevemente la teoría de este autor, ni puede en consecuencia explicarse su aplicación al Partenón. Sólo puede indicarse que, al considerar los dibujos geométricos planos de los alzados como consecuencia de la proyección de lo teóricamente visto en una esfera, las medidas de los dibujos y de lo construido según éstos no pueden ser expresadas en números enteros bajos ni en fracciones sencillas.

Entre las importantes conclusiones del trabajo de Wieninger debe destacarse la semejanza entre las proporciones de los rectángulos de los estilobatos de nueve templos dóricos perípteros; el más alargado tiene la proporción 3/8 y el más ancho 12/25. El Partenón, con 4/9 (aproximadamente), queda en el medio. Inscritos todos en un círculo, sin atención a la escala, se observa que el más ancho coincide casi exactamente con el rectángulo cuya superficie es la mitad del círculo que lo circunscribe; problema muy conocido de la geometría antigua. Además, como hace notar Wieninger, todos son más alargados que la sencilla proporción que resulta de unir los vértices de dos lados paralelos del exágono inscrito en el mismo círculo (Fig. 21,1).

Otra observación se refiere al estrecho margen de variación de estas proporciones: $3/8 = 0{,}375$; $4/9 = 0{,}444$; $12/25 = 0{,}480$; se plantea

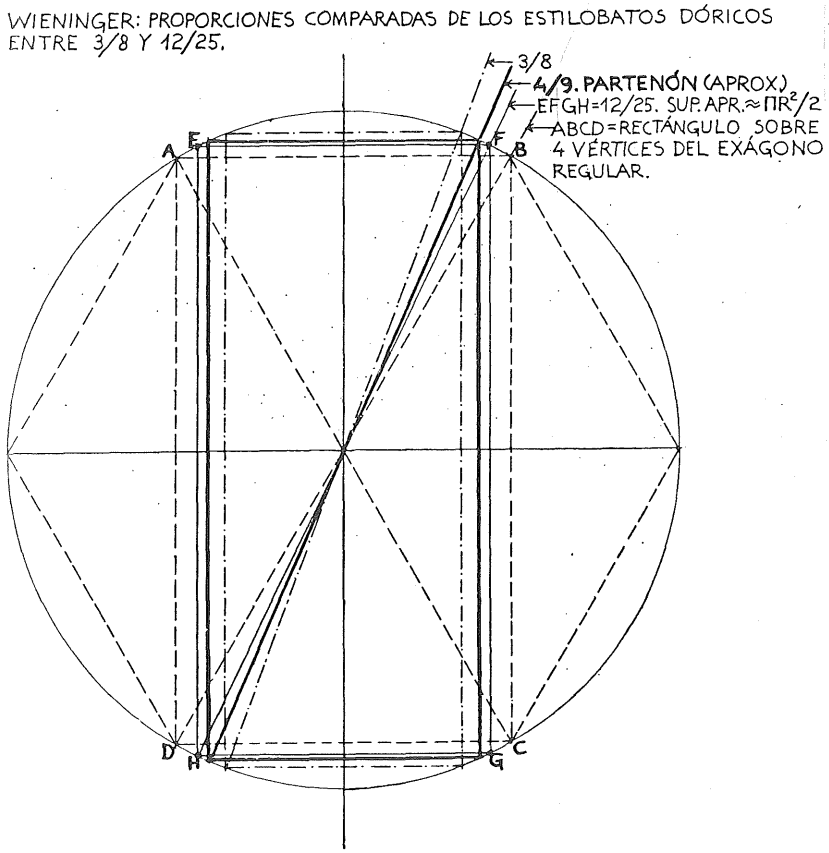


Fig. 21,1

la cuestión del motivo que los constructores de los templos dóricos perípteros tuvieron para elegir las proporciones de los estilobatos, tan semejantes entre sí pero no iguales, y nunca sencillas. Por ejemplo, no hacen uso del cuadrado, del cuadrado y medio, del doble cuadrado, del antes mencionado rectángulo dependiente el exágono regular, ni de otras relaciones igualmente claras.

Más desconcertante es el caso del rectángulo más ancho que señala Wieninger, 12/25, que como se ha indicado es la solución aproximada de un problema difícil; es el estilobato del templo de Egina (490-480), cuya relación 12/25 = 0,480 se aproxima mucho a la solución exacta: 0,4853. Es preciso advertir que esta solución depende del valor de $\pi = 3{,}1428\ldots = 22/7$, que se supone conocido por los griegos del siglo V.

Las comprobaciones de medidas en las distribuciones de columnas en los estilobatos, así como en los alzados, las efectúa Wieninger mediante funciones trigonométricas por tratarse de medidas angulares; como se ha dicho ya, su sistema depende de proyecciones desde puntos determinados por las condiciones de la visión. En consecuencia, su investigación le conduce hacia la busca de un ángulo-módulo, unidad angular que para el autor es más merecedora de estudio que la unidad lineal antes mencionada.

Si a tan perfectas soluciones llegaron los arquitectos griegos por instinto, por cálculo o de un modo empírico, es cuestión difícil de resolver; probablemente, por los tres caminos a la vez. La obra de Wieninger plantea el problema en todos sus aspectos, y se extiende más allá del simple tema de las medidas y proporciones de unos templos, aunque alguno sea tan importante como el Partenón; en realidad, trata de cómo se llegó a determinarlas, teniendo en cuenta la cultura griega en su conjunto como "fundamento de la teoría de la arquitectura"; expresión esta última que es el título del libro al que se refieren estas líneas, en el cual tiene gran interés el estudio de textos que pueden ayudar a comprender este fundamento, ya que son raros aquellos en que se menciona directamente a la arquitectura, y quizá ninguno en que se alude a este monumento concreto, el Partenón.

CAPITULO 22

EL TAMAÑO DEL PARTENON SEGUN VICTOR D'ORS

Esta exposición crítica, necesariamente incompleta, de las diversas teorías sobre el trazado y las proporciones del Partenón debe concluir mencionando un aspecto importantísimo que no ha sido estudiado seriamente por los autores citados, aunque varios de ellos se han acercado a este tema: se trata de las dimensiones reales del edificio, explicadas en cuanto éste es un objeto destinado a ser visto.

El autor que ha resuelto el problema con toda la exactitud posible (teniendo en cuenta sus elementos subjetivos) ha sido el arquitecto Víctor d'Ors. Ha estudiado a muchos autores, pero ha efectuado sus propias experiencias, que hacen de su trabajo el más importante sobre este tema [69]. No es posible exponer aquí los fundamentos y el desarrollo de su teoría; es preciso remitirse al artículo donde la publica con brevedad compatible con toda la extensión y profundidad que pueden apreciarse en su lectura.

Unicamente deben anotarse aquí algunos aspectos de este estudio. En primer lugar, se refiere a todos los templos de esta especie dórica, entre los que se encuentra el Partenón. En segundo lugar, se funda en las propiedades de la visión para averiguar las distancias óptimas para la contemplación de estos templos. Estas distancias han de cumplir tres condiciones a la vez: primera, permitir la visión total del edificio; segunda, hacer posible la visión de la moldura más pequeña; tercera, no poder apreciar los errores o defectos que tiene toda obra de arquitectura, aunque sea tan perfecta su realización como es la de estos edificios de mármol pentélico (el error que admite Víctor d'Ors es un milímetro y medio).

De sus estudios y experiencias deduce que "el mejor intervalo de distancia para la colocación del contemplador es el comprendido entre los 6 y los 15 m.". En consecuencia, resulta que "el Partenón es lo más alto que puede ser", y que su fachada "resulta asimismo que tiene el largo máximo posible".

En conclusión, este templo "representa la mayor grandeza compatible con la normalidad de las especies clásicas de los adintelados". Algunas comprobaciones de la teoría de Víctor d'Ors pueden obtenerse examinando el plano de situación del Partenón [70]. La primera vista privilegiada del templo, según G. P. Stevens, se tiene al atravesar el pequeño "Propileo del Partenón" que conduce al patio de la Calcoteca; desde el umbral de esta puerta hasta el ángulo N. O. del templo hay 30 m., aproximadamente, de vista oblicua; acercándose hasta el pie de la escalinata la distancia se reduce a 15 m. La vista de 30 m. es propia para asombrar al espectador con la magnífica mole de mármol, pero no es adecuada para estudiarla y admirarla. Las distancias convenientes, entre 6 y 15 m., se encuentran en la Vía de las Procesiones, rampa que asciende desde el pequeño Propileo antes mencionado hasta la plaza oriental del Partenón, y en la plataforma horizontal que rodea el templo en el nivel de la euthynteria. Es de notar que el ancho de esta plataforma es de unos 10 m. en el ángulo N. O. y crece de un modo irregular hasta 15 m., aproximadamente, en el ángulo S. E.; estos dos ángulos limitan el conjunto de las fachadas Oeste y Sur, las cuales son contempladas obligadamente a distancias máximas entre 10 y 15 m.; para la visión estética, es distancia adecuada según Víctor d'Ors. La fachada Norte cuenta con una plataforma que empieza con 10 m. de anchura en el ángulo Oeste, disminuye después con regularidad y se funde al final con la rampa en el ángulo Nordeste. La fachada Este, la principal, no tiene definido de un modo material el límite de distancia para la visión estética, pues la plaza que la precede tiene su punto más lejano a unos 50 m. de la fachada. Esta misma medida de 50 m. es la distancia máxima entre la fachada Oeste y el punto más lejano del patio de la Calcoteca desde el que puede ser observada.

Un poco menor, 45 m., es la distancia que media entre la Tribuna de las Cariátides del Erecteo y la fachada Norte del Partenón. Como curiosidad puede indicarse que la perpendicular trazada desde el centro de la Tribuna a dicha fachada divide a ésta en dos partes que están en la proporción aproximada de la *sectio aurea,* siendo el lado corto el medido desde el pie de la perpendicular hasta el ángulo N. O.

Otra curiosidad debe señalarse: El friso de las Panatheneas está situado de tal modo que no pudo verse nunca de frente; su borde superior se vería con un ángulo aproximado de 45° (Fig. 15,1) y su iluminación era desde abajo. Ambas circunstancias hacen muy extraño el concepto de la visualidad que tenían sus autores, al menos en lo que concierne a este célebre friso.

Como conclusión de todo lo expuesto, se observa que en el caso del Partenón las distancias óptimas calculadas por Víctor d'Ors están señaladas por medios materiales, tales como antepechos y tapias, que limitan la zona de contemplación adecuada. Además, parece que existe otra zona más amplia, de 45 a 50 m., pero sólo en las fachadas Este, Norte y Oeste, para una contemplación sin detalle; también está señalada materialmente.

Finalmente, queda la contemplación lejana. La fachada Sur aparece entera desde el llano al pie de la Acrópolis, más allá de los dos teatros; la fachada Oeste, desde la colina del Pnyx, tiene una visión privilegiada en la que domina el gran conjunto monumental, sobre los Propileos y el templo de Niké.

Reuniendo estas observaciones sobre la visión óptima calculada por Víctor d'Ors, que permite el sentimiento estético total, con la visión a distancia media, desde la que se aprecia la finura del detalle, y con la vista lejana, que sólo permite apreciar las grandes líneas y la masa en conjunto, se llega a una conclusión bastante extraña: en el Partenón está más cuidada la exactitud métrica del conjunto que la de sus partes; en efecto, las metopas tienen anchuras muy desiguales, los intercolumnios normales varían un centímetro o más en cada fachada, y las diferencias de longitud en los arquitrabes son mayores aún. En cambio, la proporción de las fachadas, medidas en el cuerpo de columnas para el ancho (no en el estilobato) y con la curvatura incluida para la altura, es como *2* a *1*, con un error mínimo en relación a las dimensiones; en los costados, medidos con las mismas condiciones, la proporción es *4,5* a *1*, también con un error insignificante, pero teniendo en cuenta que la altura, señalada como valor *1*, es diferente en ambos casos por ser diferentes las flechas de las curvaturas. Por consiguiente, la proporción en planta, que no es visible, difiere de la proporción $2/4{,}5 = 4/9$; tiene un alargamiento de 58 milímetros, aproximadamente.

Estas consideraciones no apartan la atención del estudio riguroso de las aptitudes de la visión próxima realizado por Víctor d'Ors, sino que lo confirman, en el caso del Partenón, con los datos que proporciona su emplazamiento dentro de la ordenación de la Acrópolis. La visión lejana implica la psicología de la contemplación de los templos dóricos en el marco del paisaje urbano-arquitectónico de las Acrópolis y Santuarios en que están situados, y de todo ello dentro del paisaje natural; éste es un estudio que ampliaría el de la visión detallada, y que es de esperar realice su mismo autor.

CAPITULO 23

OPINIONES DE OTROS AUTORES

Las proporciones del Partenón son mencionadas en numerosas obras de diferente carácter, en las cuales se aceptan sin crítica varios de los sistemas citados anteriormente. Algunas de estas obras son importantes en su respectiva especialidad, por lo que deben ser tenidas en cuenta las influencias de los sistemas ajenos aceptados por estos autores en el desarrollo de sus teorías; se comprende que si lo aceptado es inexacto, influye desfavorablemente en la creación de una teoría, o carece de valor probatorio en la justificación de ésta, si se emplea *a posteriori.*

En la importante obra de Mercedes P. Torres, *Los ritmos y el hombre*[71], se acepta el trazado de Mössel para la fachada del Partenón. Es un sistema inexacto, pero en este caso su influencia tiene poca importancia en el desarrollo de la teoría expuesta por su autora.

Lo mismo ocurre con el libro dedicado al "lenguaje de la arquitectura" por Wolfgang Gessner[72], que menciona también el trazado de Mössel, pero lo refiere, prudentemente, a "Un templo dórico típico". Georges Gromort menciona varias veces las proporciones del Partenón en su *Ensayo* *sobre la teoría de la arquitectura* [73], aunque no propone nigún sistema general para todo el templo. Suele citar a Choisy [74], aunque difiere algo de los resultados que obtiene este último; por ejemplo, Choisy afirma que la pendiente mínima del frontón dórico es 1 de altura por 4 de base, o sea un ángulo de 14° 5'. Gromort obtiene para el Partenón el ángulo de 13° 30', que es muy parecido al que resulta de suponer conocida la altura según las medidas de los arranques que aparecen en la obra de Balanos; según estos datos, la pendiente es 7 de altura por 29 de base, que corresponde a un ángulo de 13° 35'. Sin embargo, también con medidas de Balanos, se obtiene el ángulo de 13° 45', según como se calcule: respecto del entablamento curvado en el primer caso o respecto de la horizontal en el segundo.

La altura de la columna según Gromort es 5,5 diámetros inferiores, aproximadamente; en efecto, 10,433/5,5 = 1,896 m. Según Balanos, este diámetro mide 1,886 m., o sea un centímetro menos.

Una observación interesante de Gromort es que la profundidad de los pórticos en los templos dóricos es tanto menor cuanto más perfectos son, lo que significa que en el Partenón la anchura es mínima, 2,30 m. aproximadamente. En cambio, crece el ancho de la *naos* en relación a la anchura total del templo. No parece probable que esta variación que se observa a lo largo del tiempo de vigencia del Orden dórico se deba a consideraciones estéticas; más bien puede ser un cambio del culto, tanto en su ritual como en su sentido profundo. La naos del Partenón, con sus 19,458 metros de anchura, es propia para actos públicos que no serían posibles en templos más antiguos. El pórtico, por el contrario, es demasiado estrecho para reunirse la multitud o pasear por él, o para protegerse del sol y de la lluvia.

Es de notar que en la zona alta de la Acrópolis no existió ningún pórtico adecuado para acoger al público y sí los hubo en la zona inferior, delante de la Calcoteca (Sala de los bronces), en el Santuario de Artemis Brauronia y en los mismos Propileos de la entrada; están situados en varios niveles: 3,70 m. más bajo en el primero y 5,90 m. en el segundo de los pórticos mencionados.

Los datos más precisos referentes al emplazamiento del Partenón son necesarios para cualquier estudio sobre las condiciones de su visualidad; proceden de los trabajos de la Escuela Americana de Estudios Clásicos en Atenas, dirigidos por Gorham Phillips Stevens y publicados en la revista *Hesperia* [75]. Es muy importante la discusión que plantean estas publicaciones sobre las fechas de construcción de la Calcoteca y de su pórtico, pues este edificio determina en gran parte la forma del patio occidental del Partenón, desde el que se tiene la primera vista privilegiada del templo; también se discute la fecha de construcción de la escalinata, y al fin queda la duda sobre si esta última, asi como la Calcoteca y su pórtico, se fueron realizando a lo largo de tres épocas distintas sin un planteamiento previo, o si existió un premeditado plan de conjunto para valorar el templo. Lo que parece seguro, como hace notar G. P. Stevens, es que el pórtico de la Calcoteca se construyó después de la escalinata, pues ésta aparece cortada malamente para dar cabida al ángulo oriental de la columnata; esta fue, en su opinión, la última obra efectuada en este patio, y su fecha probable, a principios del siglo IV.

Existiese o no el plan previo para el conjunto, lo cierto es que la tardía obra de la columnata debió completar de modo habilísimo el encuadre adecuado para realzar la grandeza del Partenón, puesto que sus columnas de 4,20 m. de altura aproximadamente (según hipótesis bien fundada de G. P. Stevens) eran 2/5 de las columnas del Partenón y además estaban asentadas 3,70 m. por debajo de la plataforma de éste, de modo que sus capiteles rebasaban sólo en medio metro el nivel de dicha plataforma.

Otros autores se han ocupado, en libros de teoría general, de las proporciones del Partenón. Entre ellos deben mencionarse, por tratarse de obras conocidas, las de Cesare Bairati [76], M. Borissavlievitch [77] y P. H. Scholfield [78].

La obra del primero lleva como subtítulo *Scienza ed arte nell'architettura classica.* El capítulo que dedica al Partenón sigue la teoría de la *simetría dinámica* de Hambidge, que desarrolla con gran claridad, y expone también la de Moe, concluyendo que éste, "secondo me, non fa altro che confermare l'ipotesis di Hambidge". Sin embargo, como se ha dicho antes (Capítulo 11), Moe estudia sólo aspectos parciales del Partenón, y su cuidadoso estudio del templo de Teseo no conduce a una aplicación al primero; por ello, la excelente obra de Bairati padece, respecto del Partenón, del mismo prejuicio que lleva a Hambidge a componer cualquier superficie rectangular mediante la suma de los rectángulos que integran el repertorio producido por la *sectio aurea.*

Las obras de los otros dos autores no se ocupan directamente de las proporciones del Partenón. La teoría *perspectiva* de Borissavlievitch y su estudio de las diversas ideas estéticas de la arquitectura desde Platón hasta nuestro tiempo no proporcionan suficientes datos para su aplicación a este templo.

Scholfield estudia muy extensamente las teorías de la proporción en la Antigüedad y en el Renacimiento, y expone una interesante interpretación de Vitruvio; también estudia teorías modernas, y a través de éstas alude al Partenón, exponiendo sus dudas sobre la validez de lo que proponen para explicarlo.

Todavía pueden mencionarse un gran número de libros y de artículos que tratan de las proporciones en la arquitectura; algunos son excelentes, pero no se refieren al Partenón ni a la arquitectura griega, en general. Por ejemplo, el de Karl Freckmann [79] empieza el estudio con San Lorenzo de Milán, sin tratar de la arquitectura anterior. Podría intentarse la aplicación de su teoría al Partenón, como podría hacerse con las de otros autores; no es este el objeto del presente trabajo, sino la exposición crítica de los estudios que se refieren a este templo, aunque sea de un modo indirecto.

CAPITULO 24

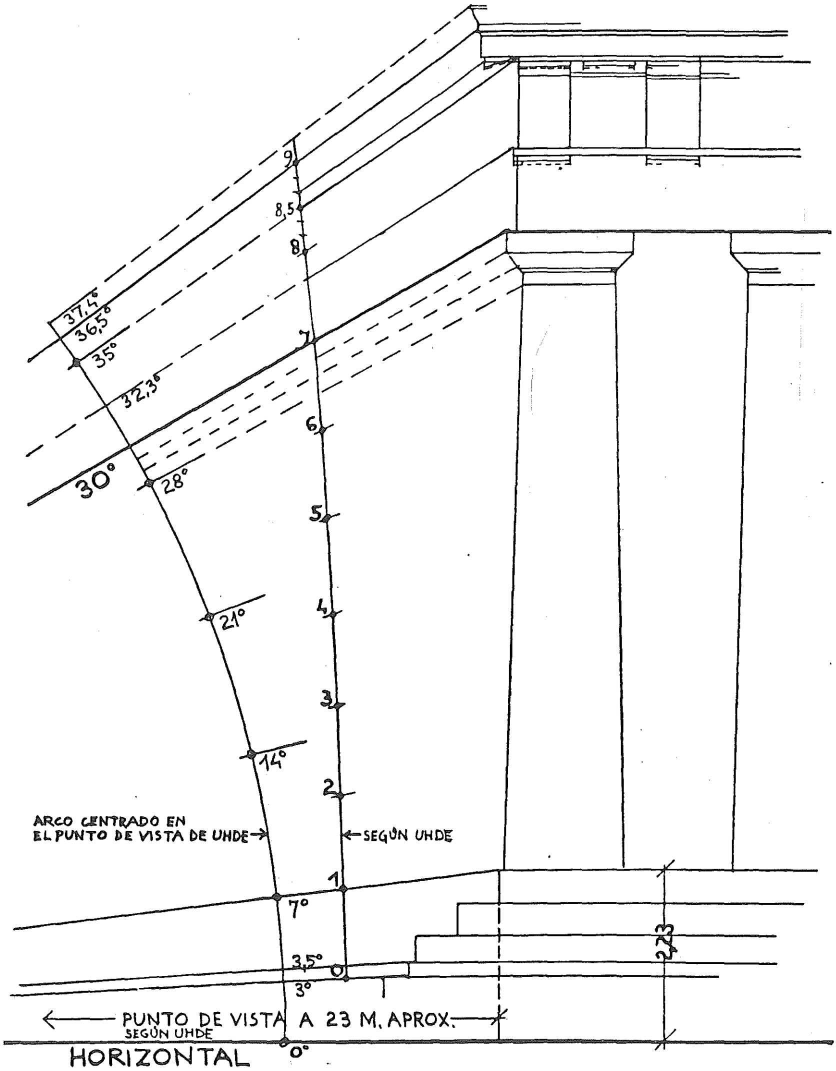
EL PARRAFO DEL "FILEBO" MENCIONADO EN EL CAPITULO 1

Dialogando con Protarco, Sócrates dice que "la arquitectura hace uso, a mi parecer, de muchas medidas e instrumentos que le dan una gran fijeza, y la hacen más exacta que la mayor parte de las ciencias"; después concreta lo referente a los instrumentos, que en la traducción de Patricio de Azcárate son los siguientes [80]: "Se sirve de la regla, del torno, del compás, de la plomada y del desabollador".

Este último es extraño, si se considera como instrumento del arquitecto, en vez del hojalatero al que se refiere la definición del Diccionario; sin embargo, muchos estudiosos de las proporciones del dórico griego no dudan en definirlo como el instrumento que convierte en plano lo que se dibujó en el arco de círculo que representa la visión esférica. Suponen que el alzado se dibujó sobre esta curva empleando módulos enteros y divisiones sencillas de los mismos, sin admitir números irracionales. Al proyectar estas divisiones en números enteros sobre un plano vertical, desde el centro de la esfera, resultan las medidas irracionales que luego se llevan a la práctica (Fig. 24,1).

El sistema no es sencillo, pues las partes iguales que se ven en la esfera no son la imagen de las partes desiguales que han de realizarse en un plano vertical, sino que representan la visión de una fachada con salientes y entrantes tal como se construirá realmente; sin embargo, desde Pennethorne [81] hasta hoy se admite generalmente la visión desde puntos privilegiados, que son los centros de las esferas en las que se suponen dibujadas las proporciones primarias.

La interpretación de todo esto que presenta Uhde [82] es difícil de entender, debido a la contradicción que se observa entre la posición del punto de convergencia de los rayos proyectivos, a unos 23 m. de la fachada, y la curva que dibuja el mismo autor (a la derecha en la Fig. 24,1), cuyo centro está a una distancia mucho mayor; dibujando el arco de circun-



9
8,5
8
7
6
5
4
3
2
1
0
37,4°
36,5°
35°
32,3°
30°
28°
21°
14°
7°
3,5°
3°
0°
ARCO CENTRADO EN
EL PUNTO DE VISTA DE UHDE
SEGÚN UHDE
2,73
PUNTO DE VISTA A 23 M. APROX.
SEGÚN UHDE
HORIZONTAL

FIG. 24,1

ferencia que corresponde al mencionado punto de convergancia (a la izquierda en la Fig. 24,1), se obtiene otra división diferente, no peor ni mejor que la de Uhde. Ambas determinan algunos puntos importantes, y dejan sin definir otros igualmente importantes.

CAPITULO 25

COMENTARIO SOBRE LOS SISTEMAS EXPUESTOS

1. Las investigaciones estudiadas en los capítulos anteriores pueden clasificarse en tres grupos, según sea la finalidad de los diversos trabajos:

1.° El Partenón como objeto geométrico abstracto.
2.° Estudio del mismo como objeto destinado a ser visto.
3.° Proporciones y medidas aptas para su construcción.

El primer grupo es el más grande de los tres, como es natural si se observa que a la geometría de este templo se puede llegar por muchos caminos: los secretos de los egipcios y los de la secta pitagórica, la música de Pitágoras y de sus primeros discípulos, la geometría griega anterior a la llegada a Atenas de Hipócrates de Chios, la filosofía de la época, los resultados empíricos obtenidos de la observación de más de veinte templos parecidos construidos poco antes, el estudio profundo de Vitruvio, sugerencias de la matemática posterior que pueden iluminar intuiciones posibles más antiguas, reflejos posibles de la geometría del Partenón en edificios más modernos y otros sistemas más de los que aquí se hacen breves menciones.

El segundo grupo contiene estudios de dos clases: los que investigan los puntos de vista adecuados para la mejor contemplación del templo, y los que tratan de descubrir los centros de las esferas sobre las cuales, al proyectarse las fachadas, sus partes aparecen en relaciones de medidas expresadas en números enteros. Los primeros derivan del conocimiento lo más exacto posible de lo que era el entorno próximo y lejano del templo en la época de su construcción, lo que no ha sido posible hasta los trabajos de G. P. Stevens, y de la aplicación de las propiedades de la visión, realizada por Karl F. Wieninger y más especialmente por Víctor d'Ors. Los segundos tienen su origen en la creencia de que en la arquitectura, como en la música, las relaciones numéricas más sencillas son las que producen el placer estético.

El tercer grupo de estudios conduce a resultados paradójicos. Se conocen las medidas exactas de las piezas de mármol que componen el edificio, según las ha publicado Nicolás Balanos, y no se puede encontrar la unidad, el buscado *pie del Partenón,* que sirva para expresarlas en números sencillos. En cambio, las grandes medidas, que resultan de la suma de muchas piezas, suelen formar relaciones sencillas entre ellas; éstas son las medidas *estéticas,* pero su sencillez no facilita la construcción, que se hace con bloques de dimensiones irreductibles a un sistema normal de medidas; por ejemplo, existen dos grandes conjuntos de piezas, talladas evidentemente en serie: los capiteles y los triglifos. Los primeros tienen 0,860 metros de altura y los segundos 0,844 m. de anchura; la diferencia entre estas medidas tan repetidas es 16 milímetros (ambas medidas no han sido afectadas por los retoques necesarios para el encaje de las piezas en la composición de inclinaciones y curvaturas). Esta diferencia podía ser 2/3 de una pulgada de 24 milímetros, correspondiente a un pie de 0,288 m., o un pie de 0,320 m. dividido por 20; en ninguno de los dos casos se obtiene un resultado claro.

2. Las medidas de Balanos acusan diferencias entre piezas de la misma clase o entre su colocación; por ejemplo, diferencias entre los grandes bloques que forman el estilobato, constituyendo a la vez su pavimento, han obligado a desigualdades en las distancias entre ejes de columnas, ya que éstas tienen los centros de las bases de sus fustes determinados por el despiezo de dicho pavimento. Es asombroso, no obstante, que la suma de estas piezas algo desiguales sea un rectángulo casi exacto de dimensiones considerables: en efecto, el estilobato mide 30,870 m. en los

frentes Este y Oeste, 69,512 m. en el costado Norte y 69,519 m. en el Sur; la diferencia entre ambos lados largos es 7 milímetros, y, sin embargo, dentro de cada uno de éstos hay diferencias entre los entre-ejes superiores a un centímetro en muchos casos sobre una media aproximada de 4,29 m. Como es natural, estos errores en los entre-ejes de las bases se repiten, ampliados, en la longitud de los arquitrabes, de las metopas y de las piezas de la cornisa.

En consecuencia, es difícil saber cual es la medida típica de cualquier elemento. Puede aceptarse el término medio, cuando hay un número suficiente de elementos teóricamente iguales, pero en algunos lugares del templo se encuentran conjuntos de piezas tan bien conservadas que casi obligan a aceptar estos agrupamientos como típicos, aunque no coincidan con los términos medios del conjunto.

Estas dudas se manifiestan en las cotas de los dibujos que ilustran este trabajo; en unos casos se ha hecho uso de los términos medios, y en otros, de las medidas de una sola parte del templo, de modo que no siempre coinciden las medidas empleadas en los distintos dibujos. De todos modos, estas diferencias son siempre pequeñas, no afectando a la métrica que se discute en sus aspectos fundamentales.

3. Los trazados de los diferentes sistemas que se han expuesto presentan dos criterios respecto de las medidas: algunos quieren dar cuenta de éstas tal como son, con toda exactitud, y los otros se contentan con una aproximación a lo que deberían ser, según la opinión de sus autores.

Estos últimos se conforman con la proporción 4/9 para el estilobato, lo que es admitido generalmente; pero los que aspiran a la exactitud, concretamente Hambidge, tienen en cuenta el alargamiento real de 58 milímetros del lado largo sobre lo que debería tener si cumpliese la proporción antes indicada respecto del lado corto. Para conseguir esta dimensión exacta, Hambidge compone el estilobato con 15 rectángulos $\varnothing = 1/1{,}618$, de tres tamaños: 12 pequeños, 2 medianos y 1 grande. El trazado es artificioso, pues tan complicada división sólo define dos elementos de la planta: las caras internas de los dos gruesos muros transversales donde se abren las puertas, suponiendo que los dos pronaos tengan la misma profundidad, lo que no es cierto; más artificioso aún resulta si se compara con la composición del rectángulo de la euthynteria, que hace el mismo autor, mediante dos cuadrados desiguales, y 2 rectángulos $1/\sqrt{5}$ también desiguales: ninguna línea de esta traza coincide con alguna línea de la anterior, ni con algún elemento de la planta.

Es difícil creer que haya existido algún arquitecto capaz de emplear este sistema para proporcionar dos rectángulos de la planta, y más si se considera que el estilobato está dentro de la euthynteria separado por igual de ésta, en sus cuatro lados, 1,52 m. aproximadamente; es fácil comprobar todo esto *a posteriori*, pero proyectarlo así de antemano exige un cálculo numérico para el que no tenían notación adecuada los griegos de la época, o resolver un problema geométrico difícil, y más que difícil, imposible, si han de obtenerse seguridades respecto de la exactitud de las medidas resultantes, condición necesaria para realizar la obra.

Críticas parecidas pueden hacerse a los esquemas que propone el mismo autor para la fachada y para otras partes del templo, pues todos se fundan en la descomposición, independiente en cada caso, de los rectángulos, sin que exista una regla común para estas operaciones, ni un sistema orgánico que desde el conjunto se extienda a todas las partes, y aun a los detalles de la molduración; no existe, en fin, un sistema como sería el de Vitruvio, si pudiera ser bien comprendido.

4. Los sistemas que proponen una aproximación a la realidad constituyen el grupo más amplio entre los que se han examinado. Todos ellos buscan un trazado ideal, que se supone existió previamente a la construcción realizada, y que ahora está subyacente, oculto por las imperfecciones de la obra; se trata de descubrirlo, y para ello se parte de un sistema ajeno a lo que podría encontrarse en este templo, pero que se ha encontrado en otros edificios, o se ha querido encontrar. Así son los trazados que se fundan en estrellas de seis, siete o diez puntas, en triángulos equiláteros o derivados del pentágono, y otros sistemas semejantes que se han expuesto en capítulos anteriores. Varios de estos tienen su origen en la

Gran Pirámide, fundamento de casi todo el esoterismo que se supone existió en la arquitectura antigua.

Ninguno de ellos se ajusta exactamente a la realidad, como se ha indicado antes, pero el defecto común y más grave de todos es que no suelen determinar, ni siquiera aproximadamente, elementos principales de la composición; la base de la gran estatua, por ejemplo, no ocupa una posición determinada por casi ningún trazado general, a pesar de que debió ser el punto de llegada de los actos del culto, el objeto sagrado por excelencia.

Claro es que el mismo reproche puede hacerse a los sistemas fundados en la *sectio aurea*, incluso a los que aspiran a la exactitud, como se indicó en el apartado anterior. Parece que si hubo algún trazado general, esotérico o no, debió tener como punto de partida el centro de la base de la Atenea Parthenos; base cuya situación se conoce perfectamente. Sólo el que propone Hertwig, expuesto en el Capítulo 20, apartado *b)*, explica la situación de la imagen en la naos, pero a costa de casi todo el resto de la planta, que queda mal definida.

5. Los sistemas exactos tienen el defecto de su aplicación a un edificio inexacto, como es el Partenón en sus detalles. Los sistemas de aproximación explican el trazado, aunque teóricamente sea imposible que se acerquen igualmente a la realidad los fundados en figuras incompatibles, como son las derivadas de $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, π y otras. En la práctica es posible esta aproximación, como expone acertadamente M. Cleyet-Michaud en las palabras que se citan en el Capítulo 12; debido a esta múltiple coincidencia, aunque no exacta, el Partenón ofrece esa claridad en sus proporciones que todos comprenden; cada uno ve aquello, y sólo aquello, que concuerda con su sentido personal de la armonía.

6. Merece atención, por su ingenio, la propuesta de Trezzini en *Ad Quadratum*, expuesta aquí en el Capítulo 13. Consiste en una figura geométrica inventada como una fórmula para determinar automáticamente las líneas generales de la fachada de un templo que si no es exactamente el Partenón se le asemeja mucho.

7. Tantos trabajos como los que aquí se han señalado, y muchos más no conocidos al redactar estas líneas o conocidos sólo de nombre, como el que hay que suponer fantástico del supuesto alquimista moderno Petrus Talemarianus *(De l'Architecture Naturelle)*, prueban el interés sostenido durante siglo y medio por descubrir el secreto matemático de la belleza del Partenón.

La hipótesis de la existencia de este secreto surge en la época romántica con un carácter muy distinto al que sugieren las reglas de Vitruvio y de los tratadistas del Renacimiento. Es producto de la mezcla de racionalismo puro y amor a lo misterioso que se observa en grandes artistas típicos de aquella época; Edgar Poe (1809-1849) escribió una *Filosofía de la Composición*, y en ella explica como fue la de su poema "The Raven": "Mi intención es demostrar que ninguno de sus detalles se debe al azar o a la intuición; el trabajo se hizo gradualmente hasta su final, con la precisión y el rigor de un problema matemático". Quien leyendo esta admirable expresión del amor y de la muerte que es el poema, se haya sentido unido a la emoción de su autor, no podrá creer en su sinceridad al explicarlo como pura obra de la razón; más bien creerá que la explicación es un producto del acre humorismo que le dominaba frecuentemente, y que ahogaba las manifestaciones de su exaltada y enfermiza sensibilidad. Lo más que podría admitir el lector es que la razón sirvió para comprobar la perfecta belleza de lo que había creado el sentimiento.

De un modo semejante puede enjuiciarse la acción de la matemática en el proyecto del Partenón; debió ser muy importante en todas las fases del trabajo, tanto para dirigir el sistema de proporciones como para comprobar sus resultados en cada etapa. Su papel principal pudo ser el de sistematizar la experiencia conseguida en los templos dóricos anteriores, pero sin inventar una fórmula matemática para crear un templo perfecto; este templo se construyó realmente, pero los muchos trabajos expuestos en estas páginas no han encontrado la fórmula para explicarlo, quizá porque esta fórmula no existe.

CAPITULO 26

CONCLUSIONES

1. El examen de las diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón ha demostrado que no existe ningún sistema que pueda explicar a la vez los dos aspectos del problema: primero, las medidas efectivas que se miden en la realidad actual, y segundo, cómo se llegó a ellas en el trabajo de su construcción.

Los sistemas que explican el primer aspecto, del que es modelo el de Hambidge, no pueden explicar el segundo, pues no parece posible que en ninguna época haya podido realizarse un proyecto a trozos, con tan gran olvido de su integridad orgánica. Los sistemas que, como el de Trezzini, constituyen una fórmula para trazar automáticamente la fachada de un templo, conducen a resultados muy alejados de la realidad del Partenón.

El magnífico estudio de Pennethorne expone todo cuanto se sabía en su tiempo del templo y de su entorno, y propone la óptica adecuada para verlo con la claridad que debe existir en un conjunto de relaciones en números enteros, aunque éstos no existan en la realidad construida. El estudio de Moe los encuentra en el templo de Teseo interpretando a Vitruvio, pero no en el Partenón, como se ha explicado.

2. No obstante, de este examen pueden obtenerse muchas lecciones útiles para estudiar directamente las medidas de Balanos aceptándolas como son, suponiendo que se llegó a ellas por etapas, y renunciando a entender como se dieron a los constructores estas medidas irreductibles a cualquier unidad.

Las hipótesis de la redacción del proyecto por etapas conduce a suponer las que se exponen a continuación:

1.ª Etapa.—Los constructores—Pericles, Anaxágoras, Fidias, Ictinos o quienes fueren— deciden construir un edificio prismático rectangular de 9 medidas de largo, 4 de ancho y 2 de altura, sobre el que apoyará un tejado a dos aguas.

La proporción 9/4 es la doble quinta pitagórica, y 4/2 = 2/1 es la octava; esto sugiere un origen musical del sistema de proporciones, pero no existe ninguna confirmación de esta hipótesis; puede ser una coincidencia.

Provisionalmente 9/4 será la proporción de la planta, 9/2 = 4,5/1 la proporción de la fachada lateral y 2/1 la del frente.

2.ª Etapa.—Se determina más concretamente lo que han de representar estas medidas. Se referirán al Orden completo, o sea a las gradas, columnas y al entablamento; por tanto, la planta no será el estilobato, sino el rectángulo tangente a las columnas en su base por el exterior.

3.ª Etapa.—Se establece que las curvaturas tengan como flechas 0,065 metros en la fachada principal y 0,119 m. en la lateral (medidas aproximadas); estas flechas se incluirán en las alturas de la fachadas respectivas, sumándolas el Orden completo (Fig. 6,1).

La longitud de la fachada principal es 30,730 m.; su mitad es la altura, 15,365 m. En la realidad, según Balanos, es 15,377 m.; el error, en menos, es 12 milímetros.

En la lateral, la longitud es 69,3755 m. (media entre las fachadas Norte y Sur); es igual a 4,5 × 15,4167 m. En la realidad, la altura es 15,431 m.; el error, en menos, es 14,3 milímetros.

4.ª Etapa.—Siendo desiguales las flechas de las curvaturas, también lo son las alturas que determinen las longitudes en planta, que se obtienen al multiplicarlas por 2 y por 4,5. La relación entre ambas longitudes es: 69,3755/30,730 = 2,2575. Esta es la proporción del rectángulo de la columnata.

El estilobato se obtiene aumentando este rectángulo con una franja de 7 cms. en todo su contorno, o sea sumando 0,14 m. a su anchura = = 30,730 m. y a su longitud = 69,3755 m. Resulta 30,870 m. de ancho y 69,5155 de largo; su relación es 69,5155/30,870 = 2,2518. Esta es la proporción verdadera del estilobato; su longitud es 58 milímetros más larga que la correspondiente a la proporción supuesta 9/4 = 2,25, que sería 69,4575 m.

OBSERVACIÓN.—Las medidas elegidas para las flechas de las curvaturas 0,065 m. y 0,119 m., y su consecuencia 0,058 m. como exceso de longitud del estilobato sobre la longitud teórica correspondiente a la proporción 4/9, hacen imposible por su pequeñez una relación general en medidas enteras, o al menos en fracciones sencillas.

5.ª ETAPA.—Se decide dividir la altura verdadera de las fachadas principales, 15,3775 m., en 28 partes de *0,54919 m.* (Fig. 6,2); 3 partes = 1,6475 m. será el basamento, compuesto de tres gradas más la flecha de la curvatura; 19 partes = 10,4346 m. será la columna (con un error de 1,6 milímetros); 6 partes = 3,2951 m., el entablamento (error de 1,9 milímetros). Los errores pueden considerarse nulos, teniendo en cuenta lo dicho respecto al modo de medir en un edificio curvado y a las imperfecciones naturales de la obra.

En consecuencia, la altura de la fachada (flecha de la curvatura incluida) se compone de 28 = 3 + 19 + 6 partes o módulos de *0,54919 m.* (el frontón no se incluye todavía).

6.ª ETAPA.—El ancho de la columnata de la fachada en la base debe ser el doble de la altura, o sea 56 módulos. Siendo su dimensión verdadera 30,730 m., el módulo resulta aquí algo diferente: 30,730/56 = *0,5487 m.* Es menor en 0,49 milímetros.

En el costado, la longitud de la columnata es 69,3755 m.; son 126 módulos de *0,55059 m.*, mayores en 1,40 milímetros que los obtenidos para la altura.

No es posible reducir a uno sólo estos tres módulos obtenidos: en la altura el primero, el segundo en el ancho de la fachada y el tercero en el costado.

7.ª Etapa.—El entablamento se divide en tres partes en relación 4,5/4,5/2, siendo su unidad de medida 6 módulos de *0,54919 m.* divididos por 11, o sea 0,29955 m. Con un error de 0,45 milímetros, es la unidad de 0,300 m. ya mencionada en el Capítulo 6.

8.ª Etapa.—El vértice del frontón tendrá 7 módulos de altura sobre la moldura de remate (pico de cuervo) de la cornisa. Estos módulos serán de *0,54919 m.* como los que miden las alturas de la fachada, que se compondrá por tanto de 35 módulos = 3 + 19 + 6 + 7. Sobre esta composición apoyará la gran moldura inclinada de 0,415 m. que remata el frontón.

La pendiente de éste se determina uniendo el vértice con los extremos de la cornisa (filo del pico del cuervo). La longitud de ésta es 31,922 m., que puede corresponder a 58 módulos de *0,55037 m.*, mayores en 1,18 milímetros a los que miden las alturas. La pendiente resulta, aproximadamente, 7/29 = 24,13/100. Es inútil buscar mayor precisión, pues la falta de las piezas centrales del frontón hace imposible conocer su altura exacta; la altura de 7 módulos aquí supuesta está fundada en la inclinación de los arranques conservados (si se quiere operar con medidas reales (supuestas) en vez de modulares se obtiene (7 × 0,54919 = 3,844)/(31,922/2 = = 15,961) = 24,085/00).

El ángulo en el arranque resulta, según se calcule respecto de la horizontal o del entablamento curvado y según se compruebe con distintos autores, entre 13° 35′ y 13° 45′.

9.ª Etapa.—Dentro del volumen definido en las etapas anteriores, se procede a la composición detallada de sus elementos; algunos pueden definirse a partir de las medidas generales: las columnas normales tienen como diámetro real a media altura, contando con el éntasis, la sexta parte de la altura total (10,433/6 = 1,7388 m).

Otras partes han sido estudiadas en sus proporciones y medidas en los capítulos anteriores, por lo que es inútil repetir aquí lo dicho en ellos; únicamente conviene recordar que no se ha conseguido descubrir una ley general que determine las medidas y proporciones de cada parte por deducción a partir del conjunto, siendo así que éste ha sido definido claramente desde el principio, como se ha observado en las etapas anteriores.

3. En lo referente a las medidas, se han ensayado muchos caminos para llegar al "pie del Partenón" y no se ha encontrado ninguna unidad de medida satisfactoria. En cambio, ha aparecido un posible módulo, aunque con dimensiones ligeramente diferentes según el lugar del templo en que se ha medido: 0,54919 m. en la altura de la fachada principal; 0,54870 m. en su anchura; 0,55059 m. en la longitud del costado; 0,55037 metros en la base del frontón. La diferencia entre la medida mayor y la menor es 1,89 milímetros y el término medio entre todas es 0,54971 m.

Este módulo no es extraño, pues, como se ha estudiado antes, es una de las medidas posibles del codo empleadas en la Antigüedad por muchos pueblos, incluso los de Grecia; el codo medio de 0,54971 m. estaría en la relación 11/6 con un pie de 0,29984 m.; tanto este pie como el codo medio no sirven para medir el Partenón, pues lo que se observa en la realidad es la existencia de distintos codos y distintos pies para cada parte.

La sencillez métrica del Arsenal del Pireo y del Templo de Teseo-Hephaistos no se ha podido encontrar en el Partenón, como lo demuestran los numerosos sistemas que sin resultado satisfactorio se han analizado en este trabajo; sería preciso aceptar la sugerencia de Hambidge de que no se dieron medidas a los canteros, sino *patrones* a tamaño natural o a una escala fácil de manejar.

4. Las grandes medidas generales que se exponen en la 1.ª etapa como principio del proyecto, la secuencia 2 - 4 - 9, se comprende fácil-

mente recordando la música pitagórica y en general la simbólica de los números que llega a su mayor grandeza en el Timeo de Platón. No ocurre lo mismo con la secuencia de alturas de la fachada, 3 - 19 - 6 - 7, para la que no se encuentra explicación ni antecedentes.

Algunas novedades han surgido a lo largo del presente estudio sobre las cuales podría intentarse otra teoría más, diferente a las expuestas; no es este el objeto de este trabajo, sino la exposición crítica de muchas de las hipótesis sobre las proporciones del Partenón, tal como se han publicado durante el siglo pasado y el actual.

NOTAS

[1] *Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grece, et du Levant, fait aux années 1675 y 1676.* Jacob Spon et George Wheler. La Haya, 1724.

[2] *Les Antiquités d'Athènes, mesurées et dessinées par J. Stuart et N. Revett.* Firmin Didot, París. Cinco tomos publicados en 1809, 1812 (2 tomos), 1822 y 1832. El último lleva otro título: *Les Antiquités inédites de l'Attique;* éste, «augmenté de Notes et de plusiers Dessins» por J. J. Hittorf, arquitecto.

[3] *Reglas de los cinco órdenes de arquitectura de Vignola,* C. M. Delagardette. «Dibuxado en mayor tamaño, y grabado al aguafuerte por Don Fausto Martínez de la Torre, y concluido a buril por Don Joseph Asensio, discipulos de la Real Academia de San Fernando». Madrid, 1792.

[4] *Leçons d'Architecture* (primer volumen sin fecha ni autor, y segundo con las palabras «Précis des» antecediendo al título mencionado). J. N. L. Durand, Paris, 1821. Sigue un tercer volumen, *Partie Graphique,* de los mismos autor, lugar y fecha.

[5] CHARLES CHIPIEZ, «Le sistème modulaire et les proportions dans l'architecture grecque», en *Revue Archéologique,* tomo XIX, n.° 1. Paris, 1891.

[6] LEÓN BAPTISTA ALBERTO, *Los Diez Libros de Architectura.* Hechos traducir por Francisco Lozano. Madrid, Alonso Gómez, 1582. Facsímil, 1977, presentado por José María de Azcárate (Colección Juan de Herrera, dirigida por Luis Cervera Vera).

[7] E. HENSZLMANN, *Théorie des proportions appliquées dans l'architecture.* Paris, 1860.

[8] LUIS MOYA BLANCO, «Notas sobre las proporciones del cuerpo humano según Vitruvio y San Agustín», en *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.* Primer semestre de 1978, Madrid.

[9] LUIS CERVERA VERA, «La edición vitruviana de Cesare Cesariano», en *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.* Segundo semestre de 1978, Madrid.

[10] AUGUSTE CHOISY, *Histoire de l'Architecture.* Paris, 1903.

[11] C. J. MOE, *Numeri di Vitruvio.* Milán, 1945.

[12] L. MOYA, *Ob. cit.*

[13] JAY HAMBIDGE, *The Parthenon and other Greek Temples. Their Dynamic Symmetry.* Londres, 1924.

[14] L. CERVERA, *Ob. cit.*

[15] AUGUSTE CHOISY, *Vitruve,* tomos II y IV. Paris, 1909.

[16] JOSEPH ORTIZ SANZ, *Los diez libros de Architectura de M. Vitruvio Polión.* Madrid, Imprenta Real, 1787.

[17] ADOLFO SALAZAR, *La Música en la Cultura Griega.* Cap. XIV, «La Acústica». Ed. El Colegio de México, 1954.

[18] JUAN DOMÍNGUEZ BERRUETA, «Teoría Física de la Música», en *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* serie 2.ª, tomo V. Madrid, 1927.

[19] J. DOMÍNGUEZ BERRUETA, *Ob. cit.*

[20] JAMES JEANS, *Ciencia y Música.* Barcelona, Ed. Agora, 1946.

[21] J. JEANS, *Ob. cit.*

[22] J. JEANS, *Ob. cit.*

[23] A. CHOISY, *Histoire, Ob. cit.*

[24] L. MOYA, «Notas», *Ob. cit.*

[25] A. CHOISY, *Histoire, Ob. cit.*

[26] NICOLAS BALANOS, *Les Monuments de l'Acropole.* Paris, Ed. Charles Massin et Albert Lévy, 1936.

[27] DON V. VÁZQUEZ QUEIPO, *Essai sur les Systémes Mètriques et Monétaires des Anciens Peuples.* Paris, 1859 (tomo 1.º, p. 387).

[28] ABEL REY, *L'Apogée de la Science Technique Grecque. L'Essor de la Mathématique.* Paris, Ed. Albin Michel, 1948.

[29] JAY HAMBIDGE, *Ob. cit.* (Nota 13).

[30] NICOLAS BALANOS, *Ob. cit.* (Nota 26).

[31] D. S. ROBERTSON, *A Handbook of Greek and Roman Architecture.* Ed. Cambridge, at the University Press, 1945; WILLIAM BELL DINSMOOR, *The Architecture of Ancient Greece.* Londres, Ed. Batsford, 1950, y A. W. LAWRENCE, *Greek Architecture.* Ed. Penguin Books, 1957.

[32] L. W. H. HULL, *History and Philosophy of Science.* Londres, Ed. Longmans, 1959. FRANCISCO VERA, *Breve Historia de la Geometría.* Buenos Aires, Ed. Losada, 1948.

[33] M. VIOLLET-LE-DUC, *Entretiens sur l'Architecture,* tomo 1, Entretien 9 (p. 399). Paris, Ed. A. Morel, 1863.

[34] GEORGES TUBEUF, *Traité d'Architecture,* tome 1, Histoire de l'Architecture (p. 142). Paris, Ed. Fanchon et Pinardon (sin fecha).

[35] C. CHIPIEZ, *Ob. cit.* (Nota 5).

[36] J. ORTIZ Y SANZ, *Ob. cit.* (Nota 16).

[37] DINSMOOR, *Ob. cit.* (Nota 35).

[38] J. ORTIZ Y SANZ, *Ob. cit.* (Nota 16).

[39] M. AURÉS, *Étude des dimensions du grand temple de Paestum.* Nimes-Paris, 1868.

[40] AUGUSTE CHOISY, *Études sur l'architecture grecque. L'Erechtheion.* Paris, 1884.

[41] A. CHOISY, *Ob. cit.* (Nota 15).

[42] J. ORTIZ Y SANZ, *Ob. cit.* (Nota 16).

[43] MOE, *Ob. cit.* (Nota 11).

[44] J. ORTIZ Y SANZ, *Ob. cit.* (Nota 16).

[45] JOSEF DURM, *Die Baukunst der Griechen* («Handbuch der Architektur»). Leipzig, 1910.

[46] MARIUS CLEYET-MICHAUD, *Le Nombre d'Or.* Presses Universitaires de France (Colección «Que sais-je»), 1978; edición «puesta al día» sobre la 1.ª de 1973.

[47] H. TREZZINI, «Armonías Arquitectónicas», en *Revista de Arquitectura.* Buenos Aires, febrero 1947.

[48] D. R. HAY, *Beauté Géométrique de la Forme Humaine, précédée d'un Sistème de Proportion Esthétique applicable à l'Architecture et aux autres Arts Plactiques.* Paris, Ed. Victor Masson, 1851.

[49] HAY, *Ob. cit.*, p. XIII.

[50] HAY, *Ob. cit.*, p. XIV.

[51] HAY, *Ob. cit.*, p. 12.

[52] A. THIERSCH, «Proportionen in der Architektur» (en el tomo *Architektonische Kompositio* del «Handbuch der Architektur»). Leipzig, 1926.

[53] ALEXANDER SPELTZ, *Die Säulenformen.* Berlin-New York, Ed. Hassling, sin fecha (hacia 1900).

[54] MATILA C. GHYKA, *Le Nombre d'Or. I, Les Rythmes. II, Les Rites.* Paris, Ed. Gallimard, 1931.

[55] MATILA C. GHYKA, *Esthétique des Proportions dans la nature et dans les arts.* Paris, Ed. Gallimard, 1927.

[56] MATILA C. GHYKA, *The Geometry of Art and Life.* Nueva York, Ed. Sheed and Ward, 1946.

[57] ERNST NEUFERT, *Arte de proyectar en arquitectura.* Barcelona, Ed. G. Gili, 1961.

[58] ERNST NEUFERT, *Industrialización de las construcciones.* Barcelona, Editorial G. Gili, 1965.

[59] EDGAR WEDEPOHL, *Eumetría.* Essen, Ed. Richard Bacht, 1967.

[60] HANS PLESSNER, *Sterngeborenes Olympia.* Düsseldorf, Ed. Werner, 1956.

[61] DR. CH. FUNCK-HELLET, *Composition et Nombre d'Or dans les Oeuvres peintes de la Renaissance.* Paris, Ed. Vincent, Freál & Cie, 1950.

[62] DR. CH. FUNCK-HELLET, *La Bible et la Grande Pyramide.* Paris, Vicent, Freál & Cie, 1956. Referencias al Partenón en las páginas 20, 28, 32, 44 y 45.

[63] OTTO HERTWIG, *Uber Geometrisch Gestaltungsgrundlagen von Kultbauten des VI. Jahrhunderts v. Chr. zu Paestum.* München, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1968. Referencias al Partenón en el Prólogo, «Tafel IV» y «Plan 7».

[64] A. FOURNIER DES CORATS, *La Proportion Egyptienne et les Raports de Divine Harmonie.* Paris, Ed. Véga, 1957.

[65] ERIK IVERSEN, *Canon and Proportions in Egyption Art.* Londres, Sidgwick and Jackson, 1955.

[66] ODILO WOLFF, *Tempelmasze.* Viena, Ed. Anton Schroll, 1932.

[67] THÉO KOELLIKER, *Symbolisme et Nombre d'Or.* Paris, Les Éditions des Champs-Elysées, 1957.

[68] KARL F. WIENINGER, *Grundlagen der Architekturtheorie.* Viena, Ed. Springer, 1950.

[69] VÍCTOR D'ORS, «El problema de los tamaños en las especies clásicas de los adintelados». Artículo IV de *Estudios de teoría de la arquitectura,* publicado en la *Revista Nacional de Arquitectura,* noviembre 1950 (n.° 107, p. 497), Madrid.

[70] Este plano figura en el artículo citado antes con el n.° 8.

[71] MERCEDES P. TORRES, *Los ritmos y el hombre.* Buenos Aires, Ed. «El Ateneo», 1945 (véase p. 45).

[72] WOLFGANG GESSNER, *Die Sprache der Baukunst.* Stuttgart, Ed. Hans Günther, 1948 (véase p. 67).

[73] GEORGES GROMORT, *Essai sur la Théorie de l'Architecture.* Paris, Ed. Vincent, Freál & Cie., 1946.

[74] AUGUSTE CHOISY, *Ob. cit.* en la nota 10.

[75] GORHAM PHILLIPS STEVENS, *The Setting of the Periclean Partenon.* Hesperia *(Journal of the American School of Classical Studies at Athens),* Supplement III, 1940. Véase también el volumen V, n.° 4, 1936.

[76] CESARI BAIRATI, *La simmetria dinamica,* Milán, Ed. Politecnica Tamburini, 1952.

[77] M. BORISSAVLIEVITCH, *Las teorías de la Arquitectura.* Buenos Aires, Ed. «El Ateneo», 1949. Del mismo autor *La Science de l'Harmonie Architecturale.* Paris, Ed. Librairie Fischbacker, 1925.

[78] P. H. SCHOLFIELD, *The Theory of Proportion in Architecture.* Cambridge, University Press, 1958.

[79] KARL FRECKMANN, *Proportionen in der Architektur.* München, Ed. Callwey, 1965.

[80] PLATÓN, *Diálogos.* Traducción de Patricio de Azcárate. Buenos Aires, Editorial Argonauta, 1946.

[81] JOHN PENNETHORNE, *The Geometry and Optics of Ancient Architecture.* London and Edinburgh, Ed. Williams and Norgate, 1878.

[82] CONSTANTIN UHDE, *Formas Arquitectónicas de la Antigüedad Clásica.* Barcelona, Ed. Sucesor de J. M. Fabre, 1909.